



Ruben José Pinto de Carvalho

Licenciado em Ciências de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Plataforma para sistemas de gestão de edifícios comerciais, centrada no utilizador

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador: Prof. Doutor João Francisco Alves Martins, ,
FCT/UNL

Júri

Presidente: Prof. Dr. Rodolfo Alexandre Duarte Oliveira, FCT/UNL
Arguente: Eng^o. Luís Maria Cansado Carvalho
Vogal: Prof. Dr. João Francisco Alves Martins, FCT/UNL



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Agosto, 2016

Plataforma para sistemas de gestão de edifícios comerciais, centrada no utilizador

Copyright © Ruben José Pinto de Carvalho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Lorem ipsum.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador, o Professor João Martins pela sua disponibilidade, pelos conselhos e sugestões para a realização desta tese e por ter acreditado no meu trabalho.

À Universidade Nova de Lisboa e à Faculdade de Ciências e Tecnologias, por me ter dado esta fantástica oportunidade de frequentar o curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, tal como a todos os docentes que me auxiliaram.

Agradeço também aos meus colegas, em especial ao Carlos Oliveira, ao Fábio Vidago, ao Filipe Rodrigues e ao Ricardo Rodrigues, por me terem dado o prazer de trabalhar e conviver convosco ao longo destes 6 anos, Sem vocês teria sido possível mas bem mais difícil e com muito menos piada.

Por fim queria agradecer à minha família nomeadamente aos meus pais, por todo o apoio incondicional, educação e paciência. À minha avó paterna, à Mara e à Joana. Mas em especial ao meu irmão por ser uma forte inspiração e por tentar fazer de mim um pouco mais Engenheiro.

RESUMO

Nos últimos anos a indústria do retalho teve de se adaptar a uma nova realidade. A estratégia comercial teve de passar de uma lógica de marketing e prestação de serviços direcionados às massas para uma abordagem personalizada, de forma a responder às necessidades de cada indivíduo.

A adaptação a este novo paradigma não é fácil sobretudo para o retalho tradicional, face àquilo que o mercado online pode oferecer. Como deve então o mercado tradicional enfrentar o desafio de fidelizar o cliente a uma marca e adaptar a oferta àquilo que os clientes precisam no momento certo?

A abordagem poderá passar pela implementação de plataformas Human Centric com o recurso ao paradigma [Internet of Things \(IoT\)](#), aos dispositivos móveis inteligentes como os smartphones, de forma a recolher informação dos clientes e a permitir aos mesmos interagirem com o espaço.

Neste contexto, nesta dissertação pretende-se desenvolver uma plataforma com base numa aplicação móvel, num website e na utilização de Beacons que capacitasse o utilizador, de um dado espaço comercial, a avaliar os seus níveis de conforto e ao administrador do espaço analisar essa informação de forma a melhorar o conforto do cliente. A finalidade será captar os clientes aliando a oferta personalizada de produtos com a adaptação do meio envolvente, nomeadamente por via da temperatura e da iluminação. Após os testes realizados no departamento [Departamento de Engenharia Electrotécnica \(DEE\)](#) da [Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa \(FCT-UNL\)](#) deram indicações de que esta tese poderá traduzir-se numa implementação efetiva num ambiente comercial, tendo potencial para melhorar algumas das características atuais e adaptar-se às tecnologias já existentes num centro comercial.

Palavras-chave: Conforto, human centric, IoT, iluminação, edifícios

ABSTRACT

On the last few years the retail industry had to adapt to a new reality. The marketing strategy had to change from being directed to the masses to a more customized approach in order to answer to each individual needs.

Adapting to this new paradigm is not easy, especially for the traditional retail industry, in the face of what the online market can offer. So how should the tradition market face the challenge of customer loyalty to a brand and adapt the offer to what customers need at the right time?

approach could be the development of Human Centric platforms that use Internet of Things (IoT) and smart mobile gadgets, such as the smartphone, in order to collect information from customers and enable them to interact with the surrounding environment. Within this scope, this dissertation intends to develop a platform based on a mobile application, a website and the use of Beacons that would enable the user of a given retail area to assess their comfort levels and the administrator to analyze that information and improve them. The purpose was to attract customers by combining a personalized offer of products with the adaptation of surroundings, namely the temperature and the lights. After the tests ran in the Department of Electrical Engineering (DEE) at the Nova University of Lisbon's faculty of Science and Technology (FCT-UNL), the results showed that this work could be implemented on a retail area and being able to improve its characteristics and adapt to the already existing technologies.

Keywords: Comfort, human centric, IoT, illumination, buildings

ÍNDICE

Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xvii
Listagens	xix
Siglas	xxi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Objectivos	2
1.3 Estrutura do Documento	3
2 Sistemas Human Centric	5
2.1 Introdução aos ambientes <i>Human Centric</i> e IoT	5
2.2 Sistemas <i>Human Centric</i> em edifícios	7
2.2.1 Conforto Térmico	8
2.2.2 Conforto Luminoso	12
2.2.3 Resolução de Conflitos	14
3 Tecnologias	17
3.1 Introdução	17
3.2 Sistemas de Localização <i>Indoor</i>	17
3.2.1 Received Signal Strength Indicator (RSSI)	18
3.2.2 Algoritmos e Métodos	19
3.3 RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System . .	22
3.3.1 Fase Offline	22
3.3.2 Fase Online	23
3.4 Beacons	23
3.4.1 Eddystone	24
4 Estado de Arte	27
4.1 Introdução	27
4.2 Sistemas de Iluminação Personalizados	27

4.2.1	Philips Hue	27
4.3	Sistema com Conforto Térmico Personalizado	31
4.3.1	ClimApp	31
4.4	Espaços Comerciais	34
4.4.1	Les Terrasses du Port	35
4.4.2	Tres Aguas Shopping Mall	36
4.4.3	Nordstrom	37
4.4.4	Waitrose e Woolworths	37
5	Solução Proposta	39
5.1	Introdução	39
5.2	Android	39
5.2.1	Estrutura da Aplicação Android	41
5.2.2	Componente do Administrador	41
5.2.3	Cliente	44
5.2.4	Beacons	48
5.3	Painel de Controlo e Visualização de Dados	49
5.3.1	Menu <i>Preferences</i>	52
5.3.2	Histórico de Entradas e Saídas	53
5.3.3	Histórico de Pedidos	53
5.3.4	Histórico dos Níveis de Conforto	54
5.4	Base de Dados	54
5.4.1	Modelação das Entidades para o Registo dos sinais	55
5.4.2	Modelação das Entidades para a deteção de entradas e saídas	56
5.4.3	Modelação das Entidades para a especificação de preferências	57
6	Resultados Experimentais	61
6.1	Introdução	61
6.2	Análise de Entradas e Saídas do DEE	61
6.3	Análise do Conforto nas Salas de Mestrado de Eletrónica e Telecomunicações	62
7	Conclusões e Trabalho Futuro	65
7.1	Conclusões	65
7.2	Trabalho futuro	65
	Bibliografia	67

LISTA DE FIGURAS

2.1	Ambientes <i>human centric</i>	6
2.2	Aspetos que beneficiam o utilizador.	8
2.3	PPD-PMV.	12
2.4	Curva de Kruithof.	13
2.5	Configuração do sistema para a resolução de conflitos.	15
3.1	Rede Neuronal Multi-camada formada por Perceptrons.	21
3.2	Estrutura tradicional de um dispositivo Beacon, adaptado de [8].	24
4.1	Menus da aplicação Mobile da Philips Hue.	29
4.2	Gama de Lâmpadas Philips Hue disponíveis.	29
4.3	Representação do Sistema Philips Hue.	30
4.4	Arquitectura do sistema ClimApp, retirado de [19].	32
4.5	Camadas do algoritmo implementado Climapp, retirado de [19].	33
4.6	Aplicação Mobile da cadeia Nordstrom.	38
5.1	Visão simplificada do sistema	40
5.2	Arquitectura Proposta.	40
5.3	Parte do protótipo inicial para a componente Administrador do Android.	42
5.4	Diagrama de casos de uso do administrador em relação à aplicação.	43
5.5	Organização da estrutura do edifício comercial.	43
5.6	Interface de Registo dos sinais wifi.	44
5.7	Lógica de Registo dos sinais RSSI's.	45
5.8	Interface de Registo de novo utilizador.	46
5.9	Menu de Cliente.	47
5.10	Interface do Cliente.	48
5.11	Lógica de deteção de um Beacon.	50
5.12	Diagrama de casos de uso do administrador em relação ao Website.	51
5.13	Login do Website.	51
5.14	Menu Preferences.	52
5.15	Menu Information.	53
5.16	Historico de Building Entries.	54
5.17	Historico de <i>Requests</i>	55

5.18	Historico de Conforto.	56
5.19	Diagrama de Entidades e Relacionamentos da Base de Dados, relativo ao registo dos sinais wifi.	57
5.20	Diagrama de Entidades e Relacionamentos da Base de Dados, relativo ao registo das entradas e saídas.	58
5.21	Diagrama de Entidades e Relacionamentos da Base de Dados, relativo á especificação de preferências.	59
6.1	Entradas no DEE.	62
6.2	Saídas do DEE.	62
6.3	Avaliação dos níveis de conforto nas salas de mestrado.	63
6.4	Percentagem de utilizadores desconfortáveis.	64
6.5	Valores de Temperatura e Humidade Média Relativa.	64

LISTA DE TABELAS

2.1	Nível metabólico associado a cada tipo de atividade física.	10
2.2	Escala de Sensação Térmica ASHARE.	11
2.3	Cenário pessimista do mercado dos sistemas luminosos <i>human centric</i> (€ milhões)	13
3.1	Comparação dos vários sistemas de localização <i>indoor</i>	18
3.2	Perdas de Potência em diferentes objetos.	19
3.3	Conversão de dB para mW.	19
5.1	Percentagens referentes aos pesos de decisão dos clientes.	46

LISTAGENS

SIGLAS

AOA Angle of Arrival.

API Application Programming Interface.

ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

AVAC Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado.

BLE Bluetooth Low Energy.

BMA Behavior Management Agent.

CSS Cascading Style Sheets.

dBm decibel miliwatt.

DEE Departamento de Engenharia Electrotécnica.

FCT-UNL Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

GPS Global Positioning System.

IFTTT If This Then That.

IoT Internet of Things.

IPMA Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

k-NN k-Nearest Neighbors.

MAC Media Access Control.

PHP Personal Home Page.

PMV Predicted Mean Vote.

PPD Predicted Percentage of Dissatisfied.

QRCode Quick Response Code.

REST Representational State Transfer.

RSSI Received Signal Strength Indicator.

TIC Tecnologias de informação e comunicação.

TOA Time of Arrival.

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e Motivação

Os edifícios, em particular os grandes espaços comerciais, possuem ambientes que requerem um sistema de controlo complexo. Este controlo é feito através da combinação de sistemas centralizados, como os de [Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado \(AVAC\)](#), que operam ao longo das diversas áreas dos edifícios, e de sistemas personalizados, como os sistemas de iluminação, em determinados locais.

Num edifício existe uma variedade de componentes e estruturas que diferem nas suas características e nos seus ritmos de funcionamento. Na literatura é possível encontrar várias estratégias destinadas ao controlo de edifícios, desde sistemas fuzzy a modelos preditivos e adaptativos. Devido à natureza dos edifícios compostos por áreas tão diferentes como escritórios, espaços comuns ou corredores devem ser consideradas tanto estratégias de controlo centralizadas como descentralizadas de forma a uma melhor adaptação às alterações nestes espaços e à coordenação entre os vários espaços.

Em 2013 um estudo da Marktest revelava que 7 milhões dos residentes em Portugal continental costumam frequentar centros comerciais [43]. Este é um dado que demonstra o potencial do ponto de vista comercial deste tipo de edifícios. Começam a surgir alguns projetos na indústria do retalho que apresentam a possibilidade de explorar a interação com os clientes de uma forma realmente inovadora. No entanto se observarmos o cenário existente em Portugal ainda são escassos ou inexistentes os projetos deste género. Face àquilo que já se pode encontrar em alguns centros comerciais na Europa e nos Estados Unidos é claro que existe muito trabalho a realizar e soluções a testar, para melhorar a relação do cliente com os espaços comerciais em Portugal.

Algumas das ferramentas já existentes têm a potencialidade de serem integradas nos diferentes recursos dos edifícios: rede wifi, sistemas [AVAC](#) e rede de iluminação.

Na última década tem-se assistido a um aumento do uso de dispositivos com sensores e com capacidade de comunicação, tais como: smartphones, câmaras, GPS e dispositivos destinados à prática desportiva. Têm surgido também redes sociais que permitem a partilha e divulgação de informação em tempo real. Este paradigma tem proporcionado a existência de sistemas que estão dependentes da informação proveniente do utilizador, em áreas como a saúde, transportes, energia, sistemas inteligentes, armamento e resposta a desastres.

Tendo em conta este rápido aumento da utilização dos dispositivos móveis acompanhado pelo progresso nas tecnologias associadas aos mesmos, estes têm surgido como uma nova fonte de marketing [7]. Surpreendentemente, mesmo em situações em que o mercado alvo é o das comunicações móveis, as empresas tem despendido apenas uma pequena quantidade dos seus orçamentos em marketing nesses mesmos dispositivos móveis, ou nem sequer apresentam uma estratégia através do mercado móvel [20]. No entanto existem dados que apontam que as organizações que investem numa estratégia através do mercado móvel ou que centram o seu investimento nesse mercado reportam um aumento no retorno sobre o investimento. O mercado móvel poderá ser uma fonte para aumentar a satisfação e lealdade dos utilizadores, porque este permite um impacto direto em todas as etapas do processo de decisão do consumidor [64].

O cenário existente é esclarecedor quanto a algumas das potencialidades que as grandes superfícies comerciais podem explorar em Portugal.

1.2 Objectivos

Esta dissertação pretendeu avaliar a arquitetura e a aplicabilidade de uma plataforma que permita ser integrada com os sistemas de gestão de edifícios comerciais, já existentes, de forma a aumentar a interação entre os utilizadores destes locais.

A avaliação desta plataforma foi realizada através da utilização da mesma no DEE da FCT-UNL. Para o efeito recorreu-se a duas análises:

1. A avaliação do conforto dos alunos, em alguns dos espaços deste edifício.
2. A análise das entradas e saídas dos mesmos, com a intenção de detetar eventuais padrões.

Para o ponto 1, foi desenvolvida uma aplicação para dispositivos móveis. Em relação à análise das entradas e saídas do edifício recorreu-se a sensores que comuniquem com essa mesma aplicação.

O objetivo final foi aumentar o conhecimento dos comportamentos dos alunos, tentando assim replicar um possível cenário num espaço comercial. Todos os dados foram analisados através da plataforma web desenvolvida para o efeito.

1.3 Estrutura do Documento

No capítulo 2, começa por ser apresentado o conceito de *human centric* e IoT e de como estes dois conceitos podem estar interligados. Numa segunda parte do capítulo é abordado a forma como se podem inserir os sistemas *human centric* nos edifícios, dando apenas ênfase ao conforto térmico, ao luminoso e à resolução de conflitos entres os utilizadores destes espaços.

O capítulo 3, apresenta algumas das soluções tecnológicas que podem ser adotadas nos ambientes *human centric*. Inicialmente é feita uma análise aos sistemas de localização *indoor*, dando enfoque ao sistema RADAR. De seguida é apresentada a tecnologia *Beacon* e os principais protocolos de comunicação desenvolvidos para esta tecnologia, tendo sido dado ênfase ao protocolo Eddystone.

O estado de Arte é apresentado no capítulo 4, e aborda algumas soluções existentes que incorporam algumas das tecnologias anteriormente referenciadas. Começa por referenciar alguns das soluções que o mercado apresenta no âmbito dos sistemas de iluminação personalizados, com especial atenção à empresa Philips, nomeadamente ao sistema Phillips Hue. No seguimento dos sistemas de iluminação personalizados são também apresentados sistemas de conforto térmico personalizado, sendo analisado um caso de estudo. O capítulo termina com a apresentação de alguns projetos implementados atualmente nos centros comerciais, que recorrem a Beacons, à localização dos clientes e à personalização de serviço aos mesmos.

O capítulo 5 descreve a plataforma desenvolvida ao longo desta dissertação. Inicialmente é demonstrado o funcionamento das várias componentes da aplicação Android, desde a sua estrutura, à interface destinada ao cliente do espaço comercial e do administrador até à integração com a tecnologia Beacon. Depois é abordado o portal desenvolvido para o administrador e todas as suas funcionalidades, como o histórico de entradas num dado edifício até à avaliação do conforto feita pelos utilizadores do espaço.

Quase no fim deste documento são apresentados alguns dos resultados relevantes obtidos no edifício DEE da FCT-UNL através da plataforma desenvolvida ao longo da dissertação.

Por fim são apresentadas as conclusões da dissertação, e algum trabalho futuro que poderá vir a ser realizado por forma a otimizar o protótipo desenvolvido.

Sistemas Human Centric

2.1 Introdução aos ambientes *Human Centric* e IoT

Nos últimos anos tem-se assistido a um claro desenvolvimento nas [Tecnologias de informação e comunicação \(TIC\)](#), no entanto estes sistemas ainda não estão totalmente adaptados para responder às necessidades individuais dos utilizadores.

Surge assim o conceito dos sistemas *human centric*, sendo estes sistemas suportados pelas [TIC](#) e adaptados ao ambiente envolvente e que consideram o comportamento humano. Esta convergência está maioritariamente associada à existência de redes de sensores capazes de captar informação relevante.

Alguns destes sistemas podem ser encontrados em diversos ambientes do nosso dia-a-dia. Nas nossas cidades deparamos-nos com ambientes inteligentes nos mais variados locais, desde os meios de transporte aos edifícios. Tal cenário é suportado pelos avanços na integração de sensores e atuadores.

Para a integração entre os sistemas e o humano, é necessário encontrar tecnologias e desenvolver as existentes para que estas respondam às necessidades do humano. Na figura 2.1, são enunciadas algumas tecnologias e plataformas, tais como algumas das características, inerentes aos sistemas *human centric*, do ponto de vista daquilo que se pretende em termos funcionais por parte dos mesmos.

O [IoT](#) é das tecnologias que têm vindo a apresentar um enorme crescimento e que tem um papel fundamental para o desenvolvimento e melhoramento dos sistemas . Espera-se que em 2015 existam mais de 50 biliões de dispositivos ligados à internet, formando uma plataforma identificada como [IoT](#). O [IoT](#) constitui um fator chave para a existência de ambientes inteligentes, permitindo a interação entre objetos dotados de inteligência e o mundo real. Ao serem associados sensores com a capacidade de interação e com o recurso a tecnologias de identificação é possível a recolha de informação sobre o mundo real com



Figura 2.1: Ambientes *human centric*.

maior detalhe em relação aquilo que já era feito. Em algumas áreas existe uma enorme expectativa em relação ao crescimento do **IoT**, tanto do ponto de vista comercial como social, são elas:

- Cidades inteligentes
- Energia
- Agricultura
- Saúde
- Cadeias de Fornecimento
- Realidade Aumentada
- Ambiente
- Emergências
- Transportes
- Cultura e Turismo
- Casas Inteligentes
- Educação

O potencial do **IoT** para dar resposta às necessidades dos indivíduos e das comunidades, está a ser explorado em algumas situações de forma deficitária e ainda não são óbvias, para muitos dos cidadãos, as implicações na sociedade inerentes a esta nova tecnologia. Ao desbloquear-se o potencial destes sistemas para o utilizador, permitirá a criação de serviços com elevada importância para a sociedade. Para se atingirem ambientes inteligentes e sustentáveis é fundamental que primeiro os cidadãos percebam, participem ativamente e partilhem informação, desde que exista consentimento para tal.

É expectável que os indivíduos sejam responsáveis por gerar a maioria dos conteúdos presentes na internet, sobretudo através de dispositivos inteligentes como os *smartphones*.

A gestão destes serviços é uma área que necessita de ser analisada de forma a desenvolver estratégias otimizadas com o objetivo de encontrar respostas para os seguintes objetivos:

- Controlar o fluxo de informação entre os dispositivos e os serviços.
- Comunicar de forma segura.
- Assegurar a legitimidade de um dispositivo inteligente.

Os sensores presentes nas redes *IoT* são construídos de modo a conseguirem suportar múltiplas aplicações em simultâneo. Além deste facto muitas vezes intervêm diferentes fabricantes e a instalação é realizada por terceiros. Tal cenário provoca mais alguns problemas relacionados com a segurança. Isto implica que a execução do software de segurança, a gestão da base de dados e as transações entre os dispositivos inteligentes assegure a proteção dos dados gerados e a privacidade dos utilizadores.

Para que tal cenário se concretize é necessário melhorar ferramentas, mecanismos e iniciativas existentes, de forma a diminuir o medo existente no propósito quanto à utilização da informação. Os utilizadores terão de ser elucidados sobre os níveis de segurança para que a opinião pública seja alterada, e se melhorem os níveis de confiança. Além disso devem ter a perceção clara de que podem advir vantagens imediatas. As vantagens desta interação entre os utilizadores e os serviços centrados nos mesmos pode ser vista de diferentes perspetivas como mostra a figura 2.2.

2.2 *Sistemas Human Centric* em edifícios

Do ponto de vista dos utilizadores um dos impactos mais visíveis do *IoT* será no contexto dos edifícios inteligentes. Em escritórios, habitações, fábricas ou espaços direcionados a atividades lúdicas [45].

Os sistemas de comando e controlo dos edifícios inteligentes devem prevenir que os utilizadores tenham de executar tarefas e rotinas para poderem sentir conforto, segurança e eficiente gestão da energia. Com o recurso a sensores e atuadores, nos edifícios, é possível implementar metodologias que tornem estes espaços mais confortáveis. Por exemplo:

- A luminosidade pode ser alterada de acordo com o momento no dia.
- Os acidentes domésticos podem ser evitados através da apropriada monitorização e sistemas de alarme.
- A energia pode ser poupada, ao desligar-se automaticamente os equipamentos que não estão a ser utilizados, ou através da regulação dos mesmos segundo a necessidade dos utilizadores.

A gestão do conforto e da energia é uma das maiores responsabilidades de um sistema de automação em edifícios. A tendência na próxima geração de edifícios comerciais é estes



Figura 2.2: Aspectos que beneficiam o utilizador.

serem mais inteligentes e com sistemas de controlo direccionados para as necessidades dos utilizadores. A partir do momento em que se permite que os comportamentos dos utilizadores têm um impacto direto no desempenho do sistema, o edifício deve ser capaz de interagir com os ocupantes respondendo aos seus pedidos e fornecendo *feedback* sobre os seus comportamentos.

O sistema de gestão de um edifício requer mais do que um simples controlo do sistema *AVAC* e da iluminação. O sistema de gestão do edifício deverá ser desenhado numa lógica de *user-centered*. Traduzindo-se por exemplo na possibilidade, no domínio da iluminação, dos utilizadores terem acesso a influenciarem o por exemplo o nível de luminosidade. Em relação aos sistemas *AVAC* na possibilidade de alterarem o limiar para ligar/desligar o aquecimento ou o sistema de ar condicionado de modo a responder às necessidades do utilizador [69].

2.2.1 Conforto Térmico

Os sistemas de aquecimento, ventilação, e ar condicionado são responsáveis pela maioria do consumo de energia nos edificios comerciais, situando-se nos 43% de consumo total

nos edifícios nos EUA [29]. Atualmente um dos critérios a ter em conta no design e manutenção destes sistemas deverá ser a satisfação dos ocupantes. Estes são um fator importante a ter em conta no consumo e solicitação de energia.

Na maioria dos centros comerciais os componentes desenhados são baseados em normas *standard* industriais tais como os definidos pela [American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers \(ASHRAE\)](#), para representar os índices de conforto. A única forma que os utilizadores tem de expressar o seu desconforto, é apenas através de pontuais queixas aos gestores desses mesmos edifícios. Além das alterações pontuais nestes valores de referência levarem a algumas queixas por partes dos utentes, estes não têm em conta a variação dos níveis de conforto devido a mudanças sazonais, culturais entre outras [23].

Vários estudos demonstram que os ocupantes de edifícios comerciais estão insatisfeitos com o nível de conforto. Tal facto poderá ter um impacto negativo no desempenho e saúde dos mesmos [25].

2.2.1.1 Norma ASHRAE 55

Com o intuito de perceber qual nível de conforto apropriado para o corpo humano, devem ser verificadas uma série de condições. Segundo [57], os requisitos para os níveis de conforto aceitáveis são: o corpo estar em equilíbrio térmico, a temperatura média da pele, os níveis de transpiração e a inexistência de desconforto localizado. Além disso deve ser minimizada a variação de temperatura a que o corpo é exposto. Atualmente o homem passa a maior parte do tempo dentro de edifícios, tornando-se assim o conforto térmico dentro dos mesmos um aspeto importante durante o dimensionamento de edifícios. Na segunda metade da década de 60 P.O. Fanger teve uma enorme contribuição para a análise do conforto térmico do ser humano, ao criar um modelo preditivo para o conforto térmico, denominado [Predicted Mean Vote \(PMV\)](#). Este modelo de predição tornou-se no modelo internacionalmente aceite para descrever o nível de conforto térmico dos ocupantes em edifícios. [23].

O objetivo pretendido era apresentar um modelo através do qual os engenheiros responsáveis pelo aquecimento e o sistema de ar condicionado, conseguissem prever todas as combinações no ambiente que criassem a maior percentagem possível de conforto térmico, dentro de um determinado edifício. Este modelo permite identificar a satisfação coletiva dos utilizadores num ambiente *indoor* e depende de seis parâmetros. Alguns destes parâmetros dependem dos utilizadores do edifício, tais como os níveis de metabolismo e vestuário, contudo existem alguns que se baseiam em apenas em suposições que são difíceis de prever o que fazem da determinação e quantificação do conforto térmico uma tarefa com incerteza associada.

Em [57] o [PMV](#) ficou definido como o índice que prevê ou representa o valor médio do conforto térmico numa escala que se encontra entre -3 (muito frio) e +3 (muito quente). É possível recorrer à mesma para avaliar quaisquer combinações das variáveis

Tabela 2.1: Nível metabólico associado a cada tipo de atividade física.

Atividade	Nível metabólico	
	Met	(W/m ²)
Deitado	0.8	46.52
Sentado, a descansar	1	58.15
Sentado, atividade sedentária	1.2	69.78
Condução de veículo	1.4	81.41
Atividade leve em pé	1,6	93.04
Caminhada lenta, 2Km/h	1,9	110.49
Trabalho doméstica	2,5	145.38
Caminhada rápida, 5Km/h	3.4	197.71
Agricultor com enxada	6.5	377.98
Lenhador com machado	8.6	500.09
Corrida, 15 Km/h	9.5	552.43

que interferem com o meio ambiente, o tipo de atividade que está a ser desenvolvida pelo ser humano ou e a roupa que o mesmo está a utilizar.

O modelo [PMV](#) tem sido amplamente implementado ao longo de aproximadamente 40 anos, em todo o tipo de edifícios. Contudo Fanger indica de forma clara que este modelo foi desenvolvido para aplicações direcionadas à indústria dos sistema [AVAC](#) com o intuito de criar ambientes de climatização artificiais em espaços controlados.

A Norma ASHARE 55-2004 recorre à utilização da equação do equilíbrio térmico de Fanger para o cálculo do [PMV](#), equação 2.1, de forma a determinar o nível de conforto térmico [66].

$$PMV = (0.303e^{-0.0336M} + 0.028) * ((M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}) \quad (2.1)$$

Para a aplicação da equação 2.1 é necessário obter as seguintes grandezas:

W : Trabalho mecânico exterior (W/m²)

M : Taxa de metabolismo (W/m²);

H : Perdas de calor ;

E_c : Troca de calor por evaporação através da pele;

C_{res} : Troca de calor por convecção através da respiração;

E_{res} : Troca de calor por evaporação, através da respiração.

A taxa de metabolismo depende do individuo e da atividade muscular que o próprio está a exercer. O menor valor do metabolismo é atingido durante o sono, e atinge valores máximos quando são exercidas atividades desportivas exigentes. Este valor pode ser medido em Met (1Met=58,15 W/m² de superfície corporal). No dia-a-dia o nível de atividade física de um individuo situa-se entre os 0,8Met e os 4Met, podendo em alguns casos ultrapassar esses valores. Na tabela 2.1 é possível consultar os valores de metabolismo associados a diferentes atividades.

Na maioria dos casos o valor de W , é considerado zero. Para a obtenção do valor de H , existem dois métodos, através de um medidor de perdas de calor ou indirectamente recorrendo às equações em [57]. O valor de E , E_c , C_{res} e E_{res} podem ser obtidos pelas seguintes expressões 2.2, 2.3 e 2.4. O valor de p_a é relativo ao valor da humidade no local, e t_a à temperatura ambiente.

$$E_c = 3.05 * 10^{-3} * (5733 - 6.99 * (M - V) - p_a) + 0.42 * (M - W - 58.15) \quad (2.2)$$

$$C_{res} = 0.0014 * M(5867 - p_a) \quad (2.3)$$

$$E_{res} = 1.72 * 10^{-5} * M(5867 - p_a) \quad (2.4)$$

Através da regulação da temperatura no espaço, o objetivo é conseguir alcançar uma sensação neutra por parte do utilizador. Os valores numéricos do PMV estão ligados de acordo com uma escala definida pela ISO7733 [27], e apresentada na tabela 2.2

Tabela 2.2: Escala de Sensação Térmica ASHARE.

PMV	Sensação
+3	Quente
+2	Morno
+1	Ligeiramente Morno
0	Neutro
-1	Ligeiramente Frio
-2	Frio
-3	Gelado

Conhecendo o valor de **PMV** é possível determinar qual o valor de **Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)**, através da seguinte expressão [48]:

$$PPD = 100 - 95e^{(-0.03353*PMV^4 - 0.2179PMV^2)} \quad (2.5)$$

A tradução gráfica da expressão anterior apresenta-se na figura 2.3.

O **PPD** representa a percentagem de ocupantes que irão sentir-se insatisfeitos com as condições térmicas. Os valores recomendados para espaços interiores pela norma **ASHRAE 55** é um valor de **PPD** inferior a 10 % [9].

Existem vários projetos que recorrem ao índice **PMV**. Uma das abordagens passa pela determinação desses valores através de interfaces gráficas, em que o utilizador pode fazer uma avaliação direta de qual a sensação de conforto no espaço onde está, apresentando algumas nuances em relação à escala apresentada por Fanger [19],[13],[13],[48],[66]. Em relação às alternativas à avaliação por **PMV**, é também de salientar abordagens recorrendo a redes difusas, como a que se pode encontrar em [18].

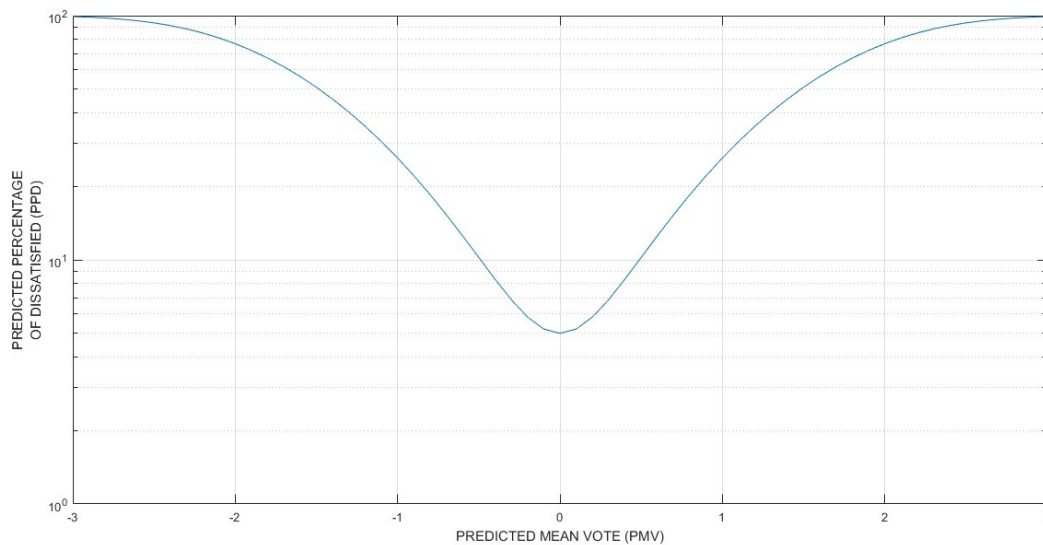


Figura 2.3: PPD-PMV.

2.2.2 Conforto Luminoso

Com a tendência do êxodo para as cidades, o tempo que a população passa em ambientes *indoor* aumentou, o que tem levado a esforços para tornar estes ambientes mais saudáveis. Deste modo além dos sistemas direcionados a promover o conforto térmico surgem também sistemas de iluminação baseados no conceito *human centric*. A iluminação é um fator que poderá interferir com a saúde humana, tendo efeitos no sono, no humor, e até mesmo em algumas patologias do foro oncológico. Depois do ano de 2001 com a descoberta de um terceiro recetor no olho humano, alguns efeitos no ritmo cardíaco também foram associados a certas condições na iluminação [16]. Esta descoberta foi fundamental para aumentar a investigação e desenvolvimentos nesta área, tanto a nível académico como industrial. Hoje em dia podem ser desenvolvidas, produzidas e instaladas soluções que influenciam o ritmo cardíaco, a concentração e que previnem distúrbios no sono, através das características da iluminação. As soluções de iluminação personalizada são atualmente desenhadas com três objetivos:

- Aumentar o desempenho cognitivo;
- Criar estímulos emocionais;
- Criar atmosferas atrativas.

É esperado que os sistemas de iluminação *human centric* apresentem um crescimento no mercado europeu com uma elevada representação nos sectores dos escritórios e dos edifícios com atividades na área da saúde e na educação. No sector da saúde já existe alguma representação mas que ainda não é considerada significativa [16]. Estes valores podem ser consultados na tabela 2.3.

Tabela 2.3: Cenário pessimista do mercado dos sistemas luminosos *human centric* (€ milhões)

Sector	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Escritórios	9.1	9.1	10.2	11.7	14.4	31	62.1	88.2
Atacado e Retalho	0	0.5	0.7	1.1	2	3.1	3.8	4.2
Indústria	0	0.1	0.4	1	15.8	35.3	75.9	108.9
Educação	0	0.1	0.2	0.7	4.5	19.1	45.3	66.8
Saúde	4.4	5.4	6.5	8.6	14.7	23.4	34.4	45.7
Hospitais	0	0.2	0.5	0.9	1.8	3.5	5.1	6.4
Residenciais	24.1	28.4	34.5	50.7	96	190.7	344.4	475
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	37.6	43.8	53	74.4	149.2	305.9	571	795.3

2.2.2.1 Curva de Kruithof: Correlação entre temperatura de cor e iluminância

A relação entre a cor e a iluminância tem sido alvo de investigação. Uma das ideias defendidas inicialmente foi de que as pessoas preferem fontes luminosas com elevada temperatura de cor em ambientes de baixa iluminância. Tal ideia fundamentava-se na observação de que nas residências recorriam-se a baixos níveis de iluminância e a lâmpadas incandescentes com temperatura de cor elevada, e em escritórios a elevados níveis de iluminância e a lâmpadas fluorescentes brancas.

Estas evidências estão de acordo com o trabalho realizado por Kruithof [1]. No seu trabalho é relacionada a gama de valores preferidos de iluminância com a temperatura da cor das lâmpadas usadas. Essa relação encontra-se representada na figura 2.4. Kruithof também sugere que a utilização de fontes frias e baixa iluminância resultam numa aparência fria, enquanto que através da utilização de fontes quentes e altos valores de iluminância obtêm-se em aparências de cor não naturais [14].

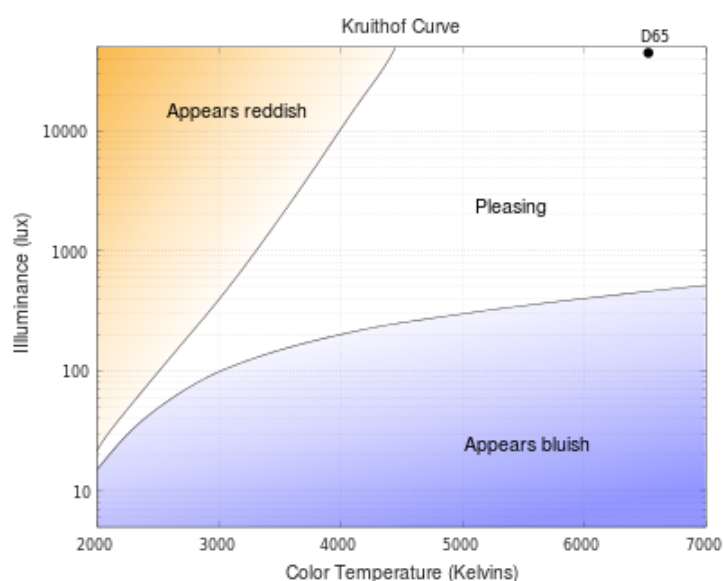


Figura 2.4: Curva de Kruithof.

2.2.3 Resolução de Conflitos

Como já foi enunciado, a base para que os sistemas *human centric* sejam eficazes consiste numa interação eficaz entre os utilizadores de um determinado espaço e o ambiente do mesmo. É preciso ter em conta, um problema inerente a este cenário. Esta interação poderá resultar em conflitos entre os utilizadores, e é preciso melhorar a eficácia das soluções existentes para resolver estes mesmos conflitos. Existem diversas abordagens e algumas delas passam por arquiteturas baseadas em agentes [31] [68],[69], e [37]. Em [37] adotou-se a criação de perfis de utilizador com atividades associadas, em que estes possuem valores de referência diferentes para as variáveis que influenciam os espaços. Os vários elementos do espaço, que necessitam de alterar os seus valores, como a iluminação são considerados agentes objeto. Os conflitos identificados podem ser agrupados em dois tipos:

1. Discordância entre valores de agentes diferentes, que estão relacionados, devido às preferências de um único utilizador.
2. Discordância entre os valores que deve tomar um determinado agente, devido às preferências de diferentes utilizadores.

Para o primeiro tipo de conflito o exemplo apresentado é o da alteração da altura de uma cadeira que depende da altura da secretária que o utilizador usa. O segundo conflito tem como exemplo um escritório onde um dos trabalhadores pode estar a descansar e pretende ter um ambiente mais calmo, enquanto outro trabalhador poderá estar a exercer funções e nesse caso prefira um ambiente diferente, mais direcionado à sua atividade.

Com a finalidade de resolver todos os tipos de conflitos enunciados foi desenvolvido um agente denominado **Behavior Management Agent (BMA)** [37]. Este agente é responsável por resolver os conflitos através da comunicação entre os agentes objeto, e consultar a informação referente aos utilizadores presentes no sistema. Como se pode analisar na figura 2.5, adaptada de [37].

Em [33], os utilizadores têm acesso a uma interface, através de uma aplicação, que permite identificar qual o seu nível de conforto térmico e qual o brilho que pretendem no local onde se encontram. No caso de existirem conflitos entre aquilo que é pretendido pelos diferentes utilizadores, é escolhido o maior valor de brilho. Para a determinação do brilho considera-se uma faixa de valores para cada utilizador tendo em conta o valor escolhido pelo utilizador, e procura-se encontrar um valor que esteja na interseção desses intervalos. Caso tal não aconteça recorre-se à média dos valores.

Existem ainda alguns sistemas que tem como objetivo, além da maximização do conforto dos utilizadores, o consumo energético. Para tal recorrem a previsões de comportamentos dos utilizadores e dos consumos gerados, e a processos de decisão como os de Markov [31] ou a algoritmos multi-objetivo de otimização através de enxame de partículas [70] para obter a melhor otimização possível. Existem outras referências de projetos que pretendem inserir o fator consumo energético tais como explicado em [29].

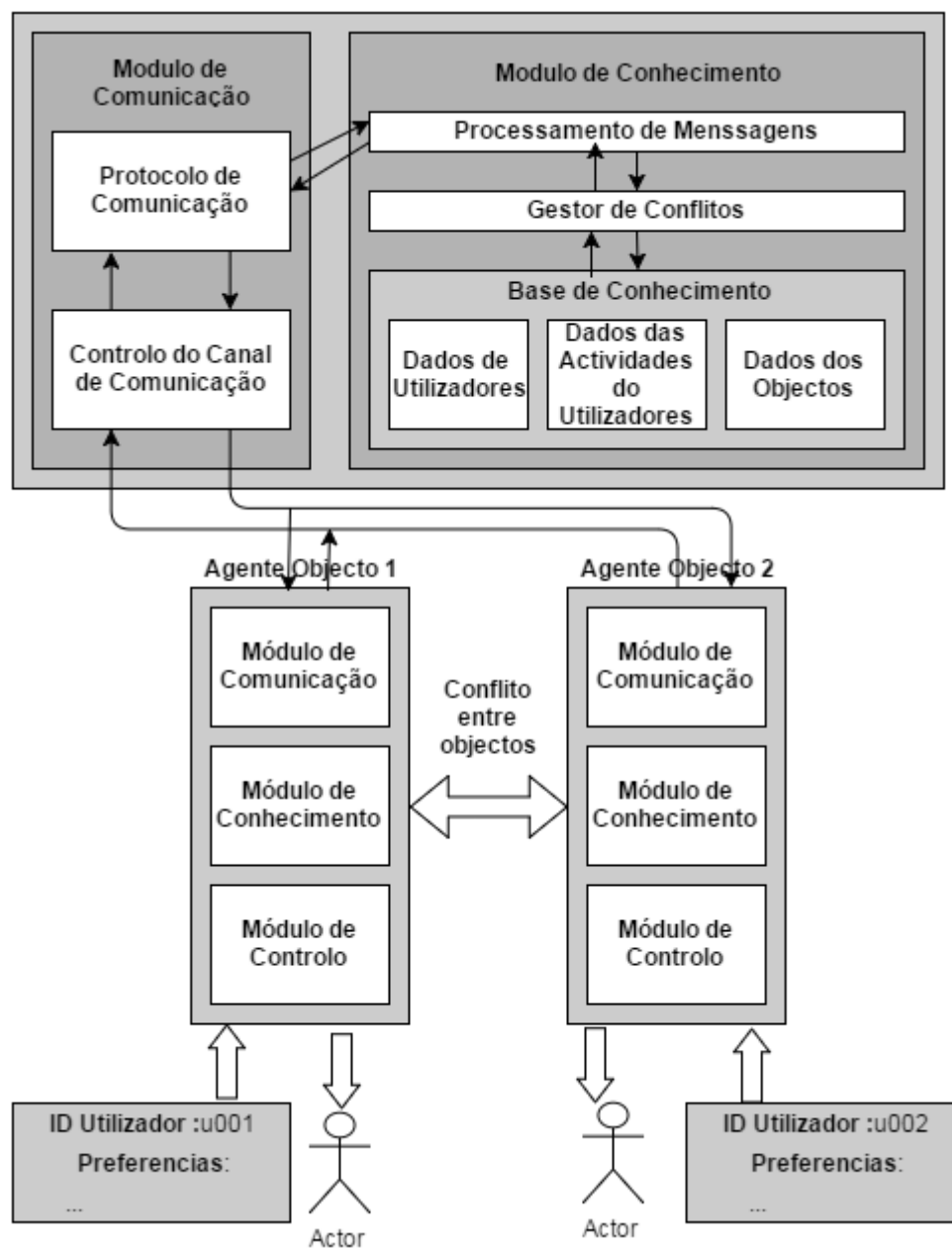


Figura 2.5: Configuração do sistema para a resolução de conflitos.

TECNOLOGIAS

3.1 Introdução

O presente capítulo apresenta as várias tecnologias necessárias para a implementação dos sistemas *human centric*, dando particular ênfase aos sistemas de localização e aos *Beacons*.

3.2 Sistemas de Localização *Indoor*

Os sistemas de localização para ambientes *indoor* têm apresentado uma enorme popularidade nos últimos anos, desempenhando um papel importante em aplicações que têm como objetivo determinar a localização em tempo real de elementos como os enunciados em [40], nomeadamente:

- Produtos em armazém;
- Pessoal médico ou equipamentos em hospitais;
- Bombeiros;
- Cães em missões de deteção de dispositivos explosivos;
- Equipamentos de manutenção.

Do ponto de vista da plataforma que se pretende implementar, é fundamental ter um sistema de localização indoor por forma a detectar a posição dos utilizadores dentro do espaço comercial.

O sistema [Global Positioning System \(GPS\)](#) é um dos mais bem sucedidos sistemas de posicionamento *outdoor*, no entanto a fraca cobertura de satélite provoca uma quebra na precisão, quando se recorre a este sistema para determinar a posição em ambientes *indoor*,

tornando-o inadequado para a estimação da localização nesses ambientes [40].

A tabela 3.1 apresenta algumas das soluções existentes para a determinação da localização em ambientes *indoor* e dos indicadores a que estas recorrem [56]. Na literatura é possível encontrar sistemas que recorrem em simultâneo a várias tecnologias, tendo a designação de híbridos na tabela apresentada.

Tabela 3.1: Comparação dos vários sistemas de localização *indoor*.

Solução	Indicadores	Exemplo	Precisão	Custo	Infraestrutura
Bluetooth	RSSI, Proximity Detection	[5], [52]	2~3m	Médio	Existente
RFID	RSSI, Proximity Detection, AOA	[11],[47], [72]	<3m	Baixo	Dedicada
UWB	TOA, TDOA, AOA	[22],[30],[60]	15cm	Médio a Alto	Dedicada
Wi-Fi	RSS, TOA, AOA	[6],[38],[59],[36]	<5m	Baixo	Existente
Zigbee	RSSI	[42],[55]	1~10m	Médio a Alto	Dedicada
Infravermelhos	AOA, TDOA	[67],[61]	<16cm	Médio a Alto	Dedicada
Ultrassom	TDOA, RSS	[17],[24]	15cm	Médio a Alto	Dedicada
Híbrido	Wifi+IR Wi-Fi+Acelerômetro IR+RF(UHF) RFID+Wi-Fi GPS+UWB	[44],[21],[40],[56]	Alta	Médio a Alto	Depende da combinação

Atualmente é possível encontrar diversas soluções, com diferentes preços e propósitos, no que diz respeito a sistemas de localização *indoor*. É possível também analisar se a solução implica alterações no espaço em que se pretende determinar a posição ou se é possível reutilizar a infraestrutura já existente. Deste modo olhando para os valores presentes na tabela 3.1, torna-se claro que a melhor solução considerando a relação preço precisão para um sistema deste género, numa infraestrutura existente, é através da rede wifi. Esta já se encontra disponível na maior parte dos edifícios e possibilita a precisão suficiente para a deteção de clientes dentro de espaços comerciais. Neste campo de entre as várias soluções indicadas, nas seguintes referências, [6], [38],[59],[36], é descrito o recurso a indicadores/métricas **RSSI**, **Time of Arrival (TOA)**, **Angle of Arrival (AOA)**.

3.2.1 RSSI

Na literatura é possível encontrar variadas soluções para determinação da posição em ambientes que recorrem a redes wifi. Os algoritmos e métodos apresentados irão incidir sobre aqueles que recorrem ao indicar **RSSI**, já que foi este o método usado no presente trabalho de dissertação.

O **RSSI**, refere-se à potência do sinal recebido e varia segundo uma série de fatores incluindo a potência do sinal emitido, a sensibilidade do sensor, o ganho da antena do lado do emissor e do recetor, o efeito *multipath*, ou a atenuação do sinal entre o recetor e emissor, influenciada pela presença de obstáculos físicos. Alguns dos valores de perdas estão referenciados na tabela 3.2.

Existem mais alguns sistemas, neste domínio, que além do indicador de **RSSI** complementam a localização dos utilizadores com um sistema de infravermelhos [44]. Mais

recentemente surgem projetos que pretendem integrar outro tipo de sensores, entre eles o acelerómetro, existentes em dispositivos móveis [21].

Tabela 3.2: Perdas de Potência em diferentes objetos.

Material/Objeto	Atenuação(dB)
Parede de gesso e cartão	3
Porta de vidro com armação de metal	6
Parede com blocos de cimento	4
Janela de Escritório	3
Porta metálica	6
Portal de metal em parede de tijolo	12
Corpo Humano	6

O valor de *RSSI* constitui assim um indicador da qualidade de receção do sinal [26], e é definido como:

$$RSSI = 10 * \log\left(\frac{Signal}{Reference}\right) \quad (3.1)$$

A variável *Signal* refere-se ao valor da potência do sinal captado pelo emissor e a variável *Reference* à potência do sinal enviado pela antena. Este valor é expresso em **decibel miliwatt (dBm)**, como um valor negativo, sendo que quanto menor forem os valores, mais fraco será o valor recebido e vice-versa. É necessário referir que estes valores acabam por ser valores relativos e não uma medida absoluta [40].

A tabela 3.3, apresenta algumas relações, a título de exemplo, entre **dBm** e **mW**, que respeitam a formula 3.1. O valor 0 **dBm** é comparado com 1mW.

Tabela 3.3: Conversão de dB para mW.

dBm	mW
10	10
3	2
0	1
-3	0.5
-10	0.1
-20	0.01
-30	0.001
-40	0.0001
-50	0.00001
-60	0.000001
-70	0.0000001
-84	0.000000004

3.2.2 Algoritmos e Métodos

O sistema desenvolvido é direccionado para um edifício que à partida estará equipado com uma rede wifi. Considerando que essa rede não fornece uma cobertura de sinal com o

mesmo valor ao longo de todos os locais, a potência de sinal poderá ser uma característica que permite distinguir as várias localizações, sendo vista como uma "impressão digital". Desta forma, caso se conheçam todos as potências de sinal relevantes para caracterizar o edifício, torna-se possível comparar e fazer corresponder uma determinada impressão digital, previamente registada, com uma recolha de sinais em tempo real, com o intuito de determinar qual a posição/zona em que está o dispositivo responsável por receber o sinal wifi [71].

No capítulo seguinte serão abordados os métodos que recorrem à tecnologia wifi e que utilizam métodos baseados em "impressão digital". Serão apresentados os métodos de vizinhança, redes neuronais e os métodos probabilísticos, por estes serem abordados na literatura sobre o assunto. Além destes existe uma enorme variedade de métodos suportados em filtros ([28],[49],[62]), inferência difusa ([65],[2]) e máquinas de suporte a vetores([15]), os quais não serão detalhados.

3.2.2.1 k-Nearest Neighbors (k-NN)

Este método, foi introduzido pela primeira vez em [6], e têm sido utilizado como referência para sistemas de posicionamento *indoor* tendo demonstrado uma excelente precisão em comparação com outras técnicas mais sofisticadas [35].

O k-NN é uma algoritmo que recorre à potência dos sinais da rede wifi recebidos no momento, fazendo corresponder as k localizações mais próximos. Para tal compara esses valores com sinais de potências previamente registados em base de dados referentes a determinados pontos no espaço [71].

Desta forma, um conjunto de sinais RSSI diz-se mais próximo ou semelhante a outro conjunto caso as distâncias das suas características sejam mais próximas. A proximidade entre conjuntos com 'd' características pode ser determinada por uma das funções de distância (heurísticas) dadas por: Euclideana a d' dimensões (3.2), Manhattan (3.3), *Min-kowski* (3.4), *Mahalanobis* (3.5) [12].

$$J_e[k, l] = \sqrt{\sum_{i=1}^d (x_{ik} - x_{il})^2} \quad (3.2)$$

$$J_{cb}[k, l] = \sum_{i=1}^d |x_{ik} - x_{il}| \quad (3.3)$$

$$J_M[k, l] = \sqrt[\lambda]{\sum_{i=1}^d (|x_{ik} - x_{il}|)^\lambda} \quad (3.4)$$

$$d(x_i, x_o) = (x_o - x_i)^T S^{-1} (x_o - x_i) \quad (3.5)$$

Não existe propriamente uma vantagem ou desvantagem para a utilização de uma ou outra métrica, uma vez que se tratam de heurísticas para definir a noção de distância e

extrair a distância mais curta entre conjuntos, podendo a distância Euclidiana ser mais adequada para uns casos e a distância de *Mahalanobis* para outros [12].

Como exemplo de sistemas que recorrem a esta técnica podem-se indicar os apresentados em [6], [35],[54]

3.2.2.2 Redes Neurais

Tal como na técnica de *k-NN* é necessário fazer um registo prévio dos sinais de *RSSI* em vários pontos de referência. Normalmente para os sistemas de posicionamento, recorre-se a uma rede neuronal multi-camada composta por uma única camada interna, como se apresenta na figura 3.1. De forma a realizar o treino da rede neuronal o vetor de entrada da rede é formado pelos valores de *RSSI* potências e a saída da rede é um vetor de dois ou três elementos, consoante se a posição estimada é em 2D ou 3D [40]. Existem vários sistemas que recorrem a esta técnica tais como os apresentados em [46] e [39].

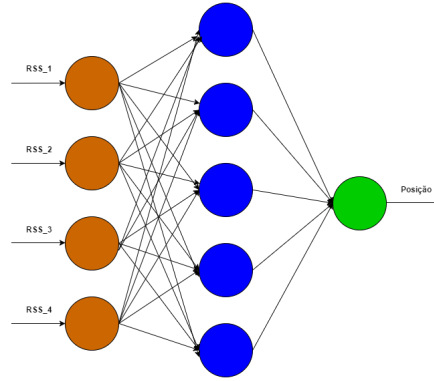


Figura 3.1: Rede Neuronal Multi-camada formada por Perceptrons.

3.2.2.3 Abordagem Probabilística

Estes métodos baseiam-se no facto de que existem incertezas em relação aos valores *RSSI* medidos inicialmente [35]. Para tal assume-se que existem n candidatos a serem o local certo L_1, L_2, \dots, L_n , e que s é o vetor de *RSSI* observado durante o período online, e que o local correto L_i é aquele que respeita a seguinte regra:

$$P(L_i|s) > P(L_j|s) \quad (3.6)$$

para $i, j = 1, 2, 3, \dots, n, j \neq i$.

Assumindo que a semelhança de cada local candidato é uma distribuição gaussiana, a média e o desvio padrão de cada localização pode ser calculada. Se as unidades de medidas forem independentes, é possível calcular a semelhança de um dos locais candidatos através da multiplicação direta das semelhanças de todos os valores medidos. Contudo, a semelhança de cada candidato a local pode ser calculada pela observação dos *RSSI* durante a fase online, ao se recorrer à regra anterior. A localização 2-D dada pela equação

3.6 permite interpolar a posição e dar resultados mais precisos. Esta consiste numa média ponderada das coordenadas de todas as localizações registadas, como é representada na equação 3.7, retirada de [40].

$$(x_{estimado}, y_{estimado}) = \sum_{i=1}^n (P(L_i|s)(x_{Li}, y_{Li})) \quad (3.7)$$

Outros métodos que recorrem a modelações probabilísticas para determinação da localização, abordam problemas tais como: calibração, aprendizagem, estimação de erro, *tracking history*. Surgem assim propostas que implementam redes *Bayesianas* e/ou *tracking-assisted* [32].

3.3 RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System

O projeto RADAR [6], desenvolvido pela Microsoft no ano de 2000, consiste num dos primeiros sistemas que recorrem ao indicador **RSSI** para determinar a posição de indivíduos em ambiente *indoor*. Este consegue apresentar valores de precisão na ordem dos 2 a 3 metros [6], o que faz dele ainda hoje uma excelente referência para sistemas que recorram a técnicas de localização através do **RSSI**, direcionado para espaços em que apenas é necessário definir se algo/alguém se encontra numa zona de um edifício.

O Sistema RADAR tem como função determinar a localização de utilizadores em ambientes *indoor* reaproveitando as redes wifi já existentes que operavam sobre o protocolo IEEE 802.11. Este sistema surge ainda hoje como referência em grande parte dos projetos para determinação da posição baseados em *fingerprint*.

3.3.1 Fase Offline

A equipa responsável pelo desenvolvimento deste projeto começou por registar os dados na fase *offline*. De acordo com a técnica de impressão digital o objetivo é registar o valor de **RSSI** dos sinais provenientes dos routers da rede como estes estando em função da localização do dispositivo móvel. A informação recolhida também foi usada com o propósito de validar um modelo de propagação de sinal, que tem como objetivo determinar a distância em relação às antenas através da comparação da potência de sinal recebida por um dispositivo em relação à potência que é emitida pela antena.

Durante esta fase a equipa do RADAR recolheu sinais em 70 locais ao longo de um piso, sendo que em cada local foram recolhidos pelo menos 20 amostras, por cada direção. Os participantes no projeto constataram ainda a necessidade de em sistema deste género recolher os sinais segundo as direções, já que poderiam existir desvios de cerca 5dBm, no mesmo local. Os dados obtidos ficaram na forma de tuplos com o seguinte formato (x, y, d, ss_i, snr_i) com $i \in 1, 2, 3$, em que: x e y representam a posição em coordenadas cartesianas; ss a potência do sinal; snr o rácio sinal/ruído e a d direção. Por cada tuplo é

calculada a média, o desvio padrão, e a mediana, para cada uma das antenas. Posteriormente realizaram testes com o objetivo de verificar a variação do erro do sinal consoante o número de amostras por local, fazendo variar o número das mesmas num intervalo entre 5 e 100 amostras. Os resultados obtidos verificaram que o erro obtido com um número de amostras entre 40 e 100 era semelhante.

3.3.2 Fase Online

Durante esta fase o objetivo é determinar qual a posição do dispositivo móvel, tendo em conta os valores registados na base de dados. A abordagem utilizada foi de utilizar a técnica de *k-NN*, inicialmente com $k=1$. Foram testados vários valores de k , sendo que para valores muito elevados a precisão diminuía e que para valores de k entre 2 e 4 o erro matinam-se praticamente igual.

Um outro aspeto de grande importância durante a fase *online*, é o número de amostras registadas de forma a calcular um valor médio de *RSSI* para cada uma das antenas. Neste âmbito os resultados apontam que com apenas 3 amostras, o erro associado é bastante pequeno.

Ao longo do projecto RADAR foram ainda testados vários modelos que pretendem determinar qual a posição recorrendo a modelos de propagação de sinal [6].

3.4 Beacons

Nesta secção pretende-se abordar o funcionamento dos Beacons *Bluetooth Low Energy (BLE)*. Para tal é necessário fazer uma abordagem à tecnologia *BLE*. A tecnologia *BLE*, anteriormente denominada como *Bluetooth Smart*, foi criada com o intuito de reduzir a energia necessária para permitir a comunicação entre dispositivos. Em relação ao *Bluetooth* a *BLE*, diverge em vários domínios. O *Bluetooth* está direccionado para a transmissão de grandes quantidades de dados e para o *streaming* de áudio entre computadores e *smartphones* enquanto que a *BLE* está para protocolos de comunicação entre dispositivos inteligentes, onde se pretende um reduzido consumo de bateria e a transferência de pequenas quantidade de dados.

Comparando com o *Bluetooth*, a *BLE* apresenta valores de eficiência superiores ao mesmo na ordem dos 50% a 90% . Esta tecnologia surgiu em 2010, incluída no *Bluetooth 4.0*, criando novas oportunidades de ligar *wearables* e sensores.

Dentro do domínio dos módulos *Bluetooth* podem ser incorporados três tipos:

1. *Bluetooth*
2. *Single-mode BLE*
3. *Dual-mode BLE*

Os módulos *single-mode*, são módulos que recorrem a *BLE*.

Os dispositivos **BLE** comunicam na gama dos 2.4Ghz, sendo que esta frequência é a mesma na qual os restantes tipos de dispositivos Bluetooth operam. Esta gama de frequências não está licenciada o que permite que estes dispositivos possam funcionar em todo o mundo, o que se apresenta como uma vantagem face a outras tecnologias wireless.

A frequência com qual é feita a transmissão de dados, tem um enorme impacto na utilização da bateria. A **BLE** possibilita que sejam transmitidos dados com um intervalo de 10 ms. Recorrendo a intervalos com esta duração, existe uma diminuição na eficiência das baterias. Estes valores de intervalo são excessivos para aquilo que se pretende para a maioria das aplicações que recorrem a dispositivos **BLE**. Valores de intervalo de transmissão na ordem dos 200 ms são os mais apropriados de forma a maximizar a sua utilização, sem diminuir demasiado a eficiência da bateria.

Estes dispositivos recorrem a baterias *button-cell*, (figura 3.2), semelhantes às aquelas que se encontram nos relógios. Estas baterias são pequenas, finas e eficientes, tornando-as ideais para pequenos dispositivos. Em ambientes de baixas temperaturas estas baterias permitem um aproveitamento de 80% da sua capacidade [8].

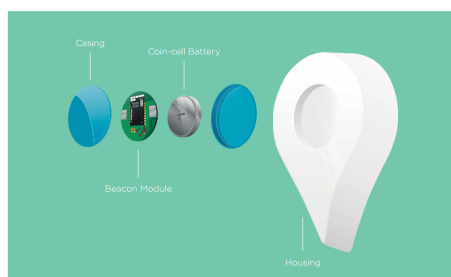


Figura 3.2: Estrutura tradicional de um dispositivo Beacon, adaptado de [8].

Em relação aos protocolos de comunicação, os *Beacons* tanto podem comunicar com dispositivos iOS, através do protocolo *iBeacon* ou Eddystone, como com dispositivos Android através do protocolo *Eddystone*.

3.4.1 Eddystone

O Eddystone é um protocolo aberto de Bluetooth 4.0 desenvolvido pela Google, em Julho de 2015, que surgiu com a necessidade da empresa desenvolver soluções com Beacons sem ter de recorrer ao protocolo iBeacon já previamente implementado pela Apple. Uma das características interessantes que apresenta face ao protocolo iBeacon é de este ser suportado por ambos os dispositivos, Android e iOS. Esta capacidade torna mais abrangente a quantidade de dispositivos que podem vir a interagir com um Beacon.

Será este o protocolo que irá ser de seguida analisado de forma mais detalhada.

3.4.1.1 O Protocolo Eddystone

Um Beacon Eddystone emite quatro tipo de pacotes. Este são também referenciados como *frames* na especificação deste protocolo: Eddystone-UID, Eddystone-TLM, Eddystone-URL, Eddystone-EDI.

Eddystone-UDI

É usado para ativar as funcionalidade nas aplicações dos dispositivos móveis, que estão a ser executadas ou em *background*.

Este pacote de dados possui três campos:

1. **Tx Power:** Este campo permite a calibração da potência do sinal que o Beacon usa para transmitir. Este valor pode variar entre os -100 dBm até aos 20 dBm.
2. **UID:** O Eddystone-UID possui um identificador, UUID que é constituído por 10 bytes, que identificam um grupo de Beacons.
3. **Instance ID:** Permite a identificação individual dos Beacons que partilham o mesmo UID. Pode ser utilizado para identificar a loja ao qual está associado o dispositivo. Os seis bytes que fazem parte deste identificador, permitem que num espaço amplo se estabeleçam hierarquias em relação aos Beacons. Por exemplo os primeiros bytes podem ser associados ao número da loja, os seguintes representarem qual o departamento na loja e o últimos um ponto específico no departamento, por exemplo um ponto de venda.

Eddystone-EID

O EID pode ser encarado como uma variação do UID, mas que permite uma maior privacidade e segurança. A Google altera o endereço [Media Access Control \(MAC\)](#) e o ID entre períodos regulares, de forma a que os dados apenas possam ser decifrados por entidades autorizadas. Esta capacidade inicialmente era oferecida por apenas alguns dos vendedores. O problema inerente é que consoante o vendedor os métodos utilizados diferiam. O EID surge como a solução para contornar este problema, ao aliar a standardização com a segurança. Este identificador permite definir quem pode aceder à informação num Beacon e em que momentos, o que consituiu um fator fundamental em algumas aplicações.

Eddystone-TLM

A gestão dos Beacons é uma outra área onde os vendedores destes equipamentos têm apostado, criando métodos para monitorizar o estado dos seus equipamentos. O Eddystone-TLM possibilita uma standardização na forma como os Beacons reportam o nível de bateria, a temperatura, e o tempo decorrido desde que está ligado. É necessário criar um equilíbrio entre a taxa de envio destes dados e o consumo de energia, de forma a otimizar o consumo de energia. Se o Beacon é detetado por aplicações de forma regular deve-se baixar a taxa de emissão, pelo contrário se é raro existirem dispositivos a detetarem o Beacon

esta informação deve ser enviada de forma mais periódica. As aplicações desenvolvidas podem recorrer a uma [Application Programming Interface \(API\)](#), que é responsável pelo envio de informação para uma plataforma da Google. Assim é possível fazer uma análise de quando é que irá terminar a energia no dispositivo, se o Beacon foi movido e quando ou quais as anomalias referentes a um determinado Beacon.

Eddystone-URL

A *frame* Eddystone-URL inclui um campo que permite a calibração da potência do sinal que é transmitido pelo Beacon. Este serviço permite configurar a frequência de emissão e o URL do dispositivo. As configurações efetuadas podem ficar bloqueadas.

3.4.1.2 Gestão e registo

Os Beacons Eddystone providenciam uma série de ferramentas que permitem registar os mesmos e fazer a sua monitorização de forma controlada. Nomeadamente o serviço *Proximity Beacon API*, e o identificar PlaceID.

1. **Proximity Beacon API:** O *Proximity Beacon API* permite o registo na Cloud, numa plataforma da Google providenciada para o efeito da seguinte informação: o piso no qual está o Beacon, longitude ou latitude. É possível também associar alguns anexos contendo informação relativa ao Beacon desde que não ultrapasse 1024 bytes. Ficheiros com maiores dimensões terão de ser associados através de outras estruturas que auxiliam a [API](#). Além da capacidade para registar os Beacons esta ferramenta tem também a capacidade de seguir a trajetória dos equipamentos.
2. **Place ID:** Aquando o registo da localização de um Beacon, é possível associar a um identificador *Google Place ID*, melhorando desta forma a precisão da ferramenta *Google Place Picker*, à qual aplicações como o Google Maps recorrem para apresentar informação sobre locais de interesse.

ESTADO DE ARTE

4.1 Introdução

O presente capítulo apresenta várias soluções existentes referentes a sistemas de iluminação personalizada, sistema de conforto personalizado e a plataformas que aumentam a interação com espaços comerciais.

4.2 Sistemas de Iluminação Personalizados

A possibilidade de personalização da temperatura de cor e da iluminância está contextualizada com a instalação de lâmpadas de leds multicolor em edifícios comerciais, com capacidade para serem controladas por wifi.

O mercado já disponibiliza várias soluções, sobretudo para o ramo dos edifícios domésticos. Muitas destas incorporam funcionalidades que visam diminuir o consumo de energia e que pretendem ter em conta o conforto luminoso para o utilizador.

De entre os vários produtos existentes podem-se referenciar o MiLight, o LIFX e o Philips Hue, como sendo aqueles que mais possibilidades apresentam e maior visibilidade têm no mercado [53], [3].

Irão ser apresentados de seguida as soluções da Phillips.

4.2.1 Philips Hue

O Philips Hue é um sistema de personalização de iluminação desenhado pela Philips.

O conceito por detrás deste sistema é permitir ao utilizador alterar o tom, a saturação e o brilho de cada lâmpada através de diferentes plataformas, entre elas através do recurso a aplicação para *smartphones*, desenvolvida igualmente pela Philips.

Este sistema de iluminação à base de LED's foi considerado em 2012, pela Forbes, como

o produto do ano. Considerou-se que ao aliar a eficiência energética dos LED's com a capacidade de os controlar a partir de uma aplicação era algo excecional e que merecia esta distinção [51]. O Philips Hue é um sistema composto por quatro componentes:

- Aplicação Mobile
- Portal My Hue
- Lâmpadas
- Ponte

4.2.1.1 Aplicação Mobile

A aplicação mobile nativa do sistema Phillips Hue surge neste sistema com mais premissões do que apenas ser uma alternativa aos tradicionais interruptores. Através da aplicação mobile disponibilizada pela Philips, o utilizador tem à disposição uma série várias funcionalidades.

As lâmpadas podem ser controladas individualmente ou ser agrupadas em grupos. Assim o utilizador tanto possui a capacidade de alterar diretamente o tom, a saturação e o brilho de cada lâmpada como também tem a capacidade de colocar todas as lâmpadas de uma divisão de um edifício com a mesma configuração.

É possível definir rotinas e eventos que automatizam a alteração da configuração das luzes ao longo do dia. Por exemplo, é possível tornar as luzes mais brilhantes, de manhã tornando-as cada vez mais alaranjadas com o decorrer do tempo, de forma a emular a luz existente fora do edifício. Do ponto de vista da poupança enérgica, uma das funcionalidades implementadas é o controlo do funcionamento das luzes consoante a deteção de pessoas de forma a ligar/desligar as luzes automaticamente.

O comportamento do sistema de iluminação pode ser controlado mediante alguns eventos programados pelo utilizador, naquilo que a empresa denomina *If This Then That* (IFTTT). Esta funcionalidade pode recorrer a informação externa como por exemplo colocar as luzes a piscarem quando existe um golo do nosso clube de futebol, ou alterar a cor consoante a recepção de um sms. O IFTTT pode também ser incorporado em sistemas com as plataformas Siri e a Apple Homekit.

A aplicação possui ainda a possibilidade de tentar imitar alguns cenários através da luz ao alterar as configurações das luzes no global. Para se recorrer a esta funcionalidade o utilizador pode inserir uma fotografia e esperar que a aplicação detete quais são as cores dominantes. Existem também alguns cenários pré-definidos, como por exemplo: leitura, relaxar, concentrar e energizar. Alguns dos menus existentes na Aplicação Mobile podem ser visto na figura 4.2.

4.2.1.2 Lâmpadas

De entre os lâmpadas disponíveis na gama da Philips (figura 4.2) temos:

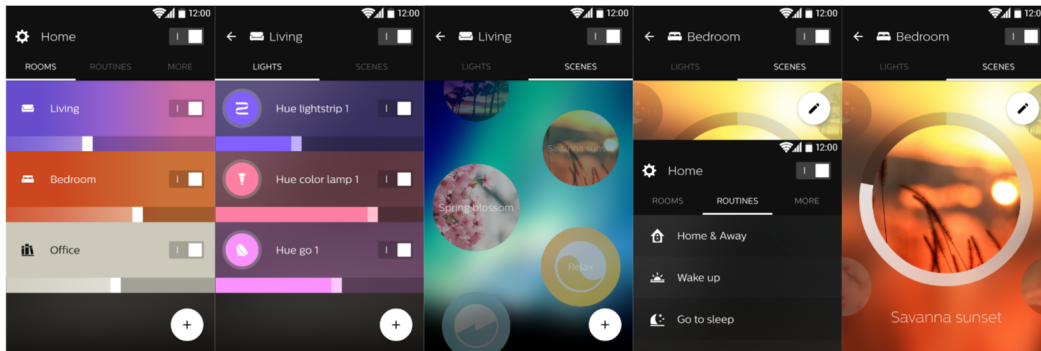


Figura 4.1: Menus da aplicação Mobile da Philips Hue.

- **Hue e Hue Lux** Hue e Hue Lux: Estas foram as lâmpadas originais do Sistema da Philips, conseguem disponibilizar diferentes cores, mas o aspecto mais interessante é a capacidade de emitir luz branca com diferentes valores de temperatura. Com esta variação na cor branca é possível emitir uma cor branca mais brilhante de manhã, simulando o sol matinal, de forma a melhorar o despertar, e uma cor mais quente durante a noite o que facilita na fase de adormecer.
- **Hue Go, Iris e Bloom:** A característica que diferencia esta lâmpada é da fonte de alimentação provir de uma bateria o que a torna portátil, e possível de ser usada em zonas da casa em que não está disponível nenhuma tomada. Esta lâmpada disponibiliza apenas 300 lumens, mas segundo a marca é o suficiente para criar luz ambiente. A Hue Iris e a Hue Blom estão mais ou menos dentro do mesmo contexto de utilização mas apenas disponibilizam 200 e 120 lumens respetivamente.
- **Hue Beyond e Phoenix:** Tanto o Hue Beyond como o Phoenix surgem com o formato de um candeeiro. O Beyond possui duas lâmpadas que permitem alterar de forma individual a cor de ambas. O Phoenix possui uma lâmpada semelhante à da Hue Lux.
- **Hue Strips:** Não se trata de uma lâmpada mas sim de uma tira composta por LED's concebidos para serem colados em superfícies. Este facto torna-se interessante do ponto de vista da versatilidade [50], [41].



Figura 4.2: Gama de Lâmpadas Philips Hue disponíveis.

4.2.1.3 Portal My Hue, API e Bridge

A Philips desenvolveu uma plataforma, denominada MyHue que permite aos seus utilizadores registarem-se e controlarem a iluminação das suas casas remotamente. Esta plataforma funciona sobre um protocolo internet e permite receber comandos remotamente. Através da sua API permite detetar o endereço associado à ponte existente no edifício e desta forma interagir remotamente com o sistema de iluminação na casa. Um dos cenários apresentado pela Philips da utilidade deste sistema, é caso o utilizador pretender sinalizar que já está em casa, ou no caso de ter de sair de casa e por algum motivo ter-se esquecido de desligar as luzes.

A ponte é parte essencial do sistema Philips Hue. Este dispositivo é responsável por intermediar a comunicação entre as lâmpadas, o portal e as aplicações para dispositivos móveis. Ele tem de estar ligado à rede através de um router, algo fundamental para poder receber comandos vindos do portal, mas também para poder receber informação proveniente da Internet. Este dispositivo possui ainda uma API, e permite a comunicação com outros dispositivos como o Hue tap.

A API, com uma interface Representational State Transfer (REST), tem a particularidade de estar disponível aos utilizadores, o que tem levado a estes desenvolverem aplicações compatíveis com o sistema desenhado pela Philips.

O sistema Philips Hue é apresentado, de forma conceptual, na figura 4.3.

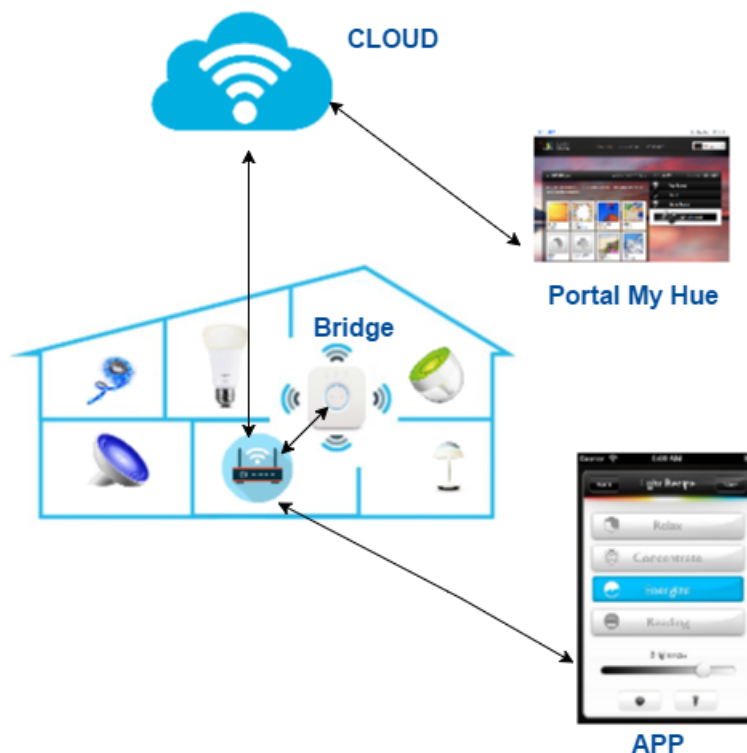


Figura 4.3: Representação do Sistema Philips Hue.

4.3 Sistema com Conforto Térmico Personalizado

Apesar dos desenvolvimentos na personalização dos sistemas [AVAC](#) nos últimos anos, a informação relativa a projetos que recorram ao índice [PMV](#) é muito escassa, fora do contexto académico. Em [10], é proposta a utilização de um sistema de controlo recorrendo a lógica difusa e a controladores PID, por forma a alcançar um valor de [PMV](#) perto de zero, através da variação de velocidade de uma ventoinha de aquecimento. Também em [4] se recorre a um controlador fuzzy, mas conjugados com algoritmos genéticos. Uma outra abordagem que poderá ser interessante de analisar é a utilização de simuladores [48].

4.3.1 ClimApp

De entre os projetos que recorrem ao [PMV](#) para promover o aumento do nível de conforto dentro de um edifício, será interessante analisar o ClimApp [19]. Neste sistema existe a particularidade de se ter desenvolvido um protótipo e de ter como objetivo aliar o conforto e a redução do consumo energético através do controlo do sistema [AVAC](#). A arquitetura do sistema, apresentada na figura 4.5, pode ser dividida em cinco elementos/estruturas, são elas:

- Sistema HVAC
- Rede de Sensores
- Interface com os Utilizadores
- Núcleo do sistema
- Algoritmo

Sistema [AVAC](#)

Uma das funcionalidades deste sistema é controlar alguns dos parâmetros dos sistemas [AVAC](#) nomeadamente: ligar/desligar, parametrizar a temperatura desejada, definir o modo de funcionamento (arrefecimento ou aquecimento) e por fim o nível de funcionamento da ventilação. O acesso a estas configurações é feito através de uma ligação BACnet-IP gateway. O BACnet é um protocolo de comunicação standard definido pela [ASHRAE](#).

Rede de Sensores

Os responsáveis por este projeto consideraram que a rede de sensores é um fator fundamental para uma boa determinação dos valores necessários ao estabelecimento do [PMV](#) através da equação de Fanger. A rede de sensores é responsável adquirir os valores da temperatura do ar, da humidade relativa, da velocidade do ar e da temperatura média radiante.

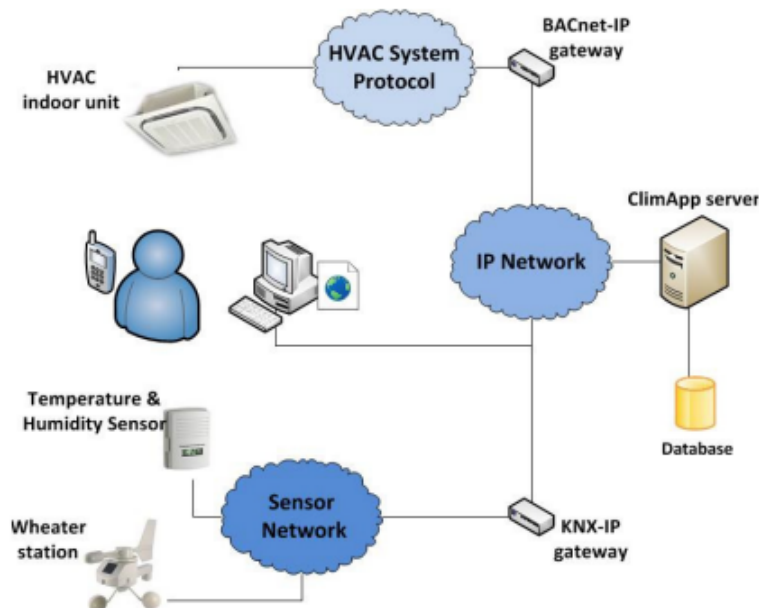


Figura 4.4: Arquitetura do sistema ClimApp, retirado de [19].

A temperatura no interior do edifício e a humidade relativa de cada divisão são determinadas de forma indireta. O valor da temperatura média radiante é prevista através de mecanismos de inteligência artificial, recorrendo a alguns indicadores como a temperatura no exterior do edifício, a posição do Sol, o nível do brilho e a força do vento. Estes indicadores são calculados através de uma estação meteorológica. Os sensores de humidade, temperatura e a estação meteorológica comunicam através de uma rede KNX.

Núcleo do Sistema

O sistema implementado é baseado numa arquitetura centralizada. O software principal é executado no servidor, o qual é responsável por armazenar e organizar toda a informação proveniente da rede de sensores, da interface do utilizador e do sistema *AVAC*. O servidor é responsável por definir quais os valores ideais para cada dispositivo do sistema *AVAC* e ainda por disponibilizar uma aplicação web e a interface para os utilizadores. Para o efeito foi escolhida uma plataforma baseada em JAVA EE que pretende garantir a escalabilidade do sistema, a segurança e a gestão de todos os componentes.

Interface do Utilizador

Para a implementação da interface com o utilizador foram desenvolvidas uma interface web e para smartphones. Com o objetivo de manter a interface simples para o utilizador estes tinham à sua disposição apenas a possibilidade de indicar a temperatura desejada, e de indicar a intenção de desligar ou ligar o aquecimento, relativo a uma unidade do sistema *AVAC*. Esta informação é posteriormente processada e consoante os resultados é assim avaliado o nível de *PMV* relativo ao utilizado. Desta forma é feito um ajuste nos valores associados ao índice *PMV* com o objetivo de aumentar os níveis de conforto para

cada utilizador.

A aplicação web contém também um formulário onde os utilizadores podem definir o seu horário de trabalho e quais os valores pretendidos em relação à temperatura. Por fim esta interface tem ainda a possibilidade de detetar a posição atual do utilizador através de algoritmos de determinação de posição, já descritos anteriormente. Esta característica além de possibilitar que seja determinado qual a temperatura desejada por um utilizador dado o histórico de pedidos em relação ao local onde o mesmo se encontra, permite ainda prever o horário do utilizador, a partir da hora de entrada e saída do edifício, recorrendo a algoritmos de *Machine Learning*.

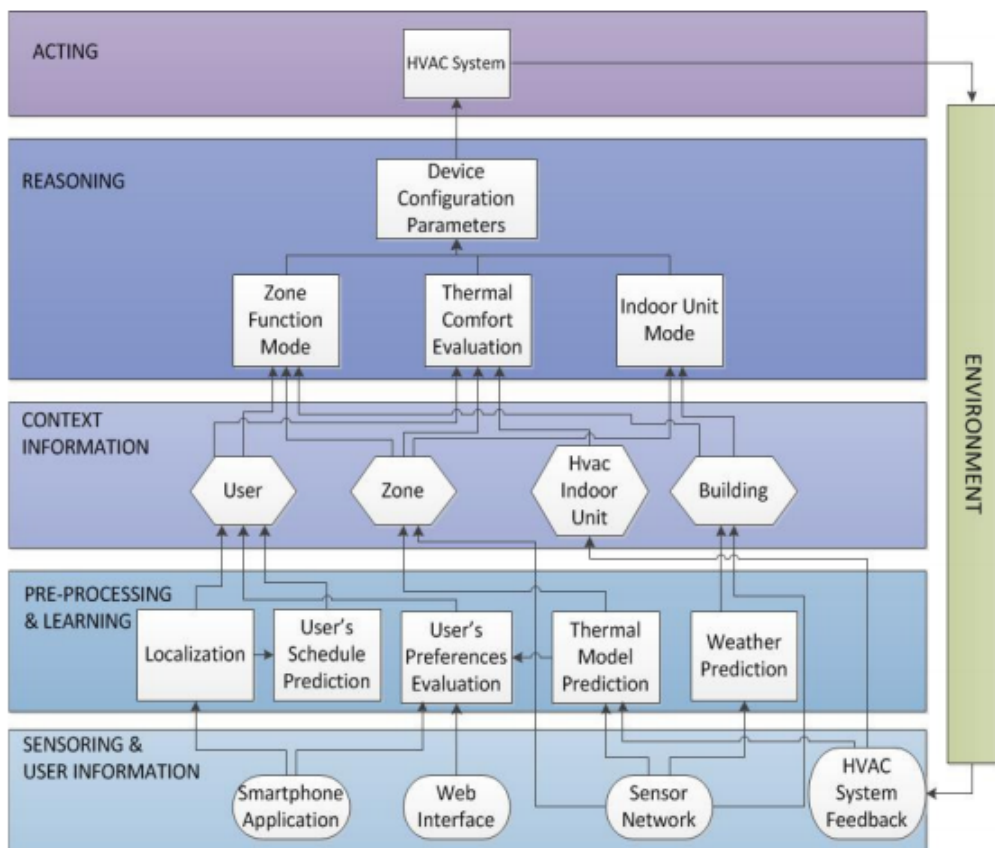


Figura 4.5: Camadas do algoritmo implementado Climapp, retirado de [19].

O algoritmo implementado é baseado no modelo do sistema [AVAC](#). A estrutura é formada por módulos em que cada um tem como objetivo solucionar um pequeno e específico problema. Estes módulos são agrupados em 5 camadas, descritos de seguida e apresentadas na figura 4.5

1. Sensores e recolha de informação do utilizador:

Esta camada é responsável por recolher e normalizar toda a informação proveniente das diferentes fontes. As fontes podem ser três: a informação proveniente da interface com o utilizador através do *smartphone* e das aplicações web, a rede de sensores

e a rede de controlo do sistema [AVAC](#).

2. Pré-processamento:

A partir do momento em que os dados são adquiridos na camada anterior, esta camada analisa e trata os dados de forma a extrair alguma informação. Esta camada é responsável por algumas atividades como sejam a previsão meteorológica, a determinação do modelo térmico do local, com recurso a um sistema de lógica difusa, os valores de [PMV](#), a localização do utilizador, a previsão do tempo e a variação térmica do espaço.

3. Informação de Contexto

Nesta camada a toda a informação é armazenada e estruturada segundo os elementos que compõe o sistema [AVAC](#): edifício, zona, utilizador e unidade [AVAC](#). De forma a fornecer fiabilidade ao sistema foram definidos três níveis de informação: informação em tempo real, informação preditiva e informação pré-definida. Através da combinação das variadas fontes de informação pretende-se que o conhecimento do sistema seja mais completo, mesmo quando a informação proveniente de uma das fontes é reduzida ou pouco precisa. Por exemplo, se a localização atual do utilizador não estiver disponível em tempo real, recorre-se a informação que o sistema tinha do planeamento que o utilizador tinha definido. Se não existe um planeamento das atividades do utilizador recorre-se à dinâmica de entradas e saídas associada àquele edifício. Desta forma garante-se que no pior cenário o ponto de funcionamento do sistema [AVAC](#) estará de acordo com o método de parametrização tradicional.

4. Lógica

Esta camada é responsável por decidir que ações devem ser tomadas a partir de toda a informação recolhida. Esta pode ser dividida três módulos. Dois deles determinam o comportamento desejado de três elementos do sistema: a zona, o utilizador e as unidades do sistema [AVAC](#). O último módulo é responsável por definir todos os parâmetros para cada unidade do sistema [AVAC](#) em cada piso, tendo também em conta os conflitos que poderão existir entre cada unidade.

5. Atuação

Por fim quando quando estiverem todos os parâmetros definidos pela camada anterior. A camada Atuação comunica com o sistema [AVAC](#) e assegura-se de que o sistema fica corretamente configurado.

4.4 Espaços Comerciais

Atualmente os comerciantes, tanto nas grandes superfícies como no pequeno retalho têm-se deparado com a enorme concorrência proveniente do mercado online. É necessário

procurar novas estratégias por parte dos proprietários e retalhistas para atrair os consumidores e aumentar o consumo gerado. Uma das possíveis vias é a incorporação do negócio em redes sociais e nos dispositivos móveis, o que permite envolver os seus clientes antes, durante e depois da sua compra. Esta via poderá proporcionar informação aos utilizadores que levem estes a criar relações, levando a uma maior satisfação e fidelidade.

Uma tecnologia que tem surgido como uma boa forma a fornecer, um serviço personalizado ao cliente permitindo a este ter acesso a publicidade direcionada ao local e ao tipo de produto que o consumidor poderá estar à procura são os *Beacons*.

Os *Beacons* apresentam capacidade de enviar informação, como publicidade, cupões de desconto ou informação adicional sobre certo produto ou loja. Podem também ser utilizados para receber informação vinda dos utilizadores, como por exemplo o tipo de percurso que o consumidor faz dentro de um espaço comercial.

Alguns espaços comerciais têm vindo a adotar esta tecnologia uma vez que permite complementar as aplicações dos espaços comerciais, em alguns casos já existentes. A capacidade para activar as aplicações destes espaços comerciais num dispositivo móvel, apresenta-se como uma das grandes vantagens.

No estudo [58] os dados apontam que no ano de 2015 do total do valor das vendas realizadas pelos 100 maiores retalhistas nos EUA 410 milhões de dólares seriam criados devido às mensagens provenientes dos *Beacons*. O que representa cerca de 0,1% do total de vendas. No ano de 2016 estimava-se que o valor chegasse aos 4.1 biliões de dólares. Este estudo aponta alguns factos que podem representar o potencial deste equipamento:

1. Aproximadamente 75 % dos clientes que receberam mensagens provenientes de *Beacons* afirmam que é mais provável que façam compras naquela loja.
2. 61 % dos consumidores que receberam mensagens provenientes de *Beacons* afirmam que irão visitar a loja com maior frequência.

4.4.1 Les Terrasses du Port

Em 2014, na cidade de Marselha, foi instalado no num centro comercial com 480 hectares, a maior rede de *Beacons*, até aquele momento. O objetivo era permitir que os retalhistas pudessem oferecer promoções aos utilizadores do centro comercial, diretamente nos seus smartphones.

Os *Beacons*, a aplicação para smartphones e a plataforma para gerir o sistema por parte dos retalhistas foi fornecido pela empresa match2blue. Uma das valências desta plataforma é a possibilidade de fornecer informação sobre o número de pessoas que frequentam as diversas áreas do centro comercial e de todas as 190 lojas.

Para tal os sinais provenientes dos *Beacons* cobrem toda a área do espaço comercial, gerando uma grelha através da qual é possível em tempo real determinar a posição do consumidor, e determinar qual o percurso que este percorreu.

Isto permite que seja indicado ao utilizador a direção de certos produtos. Toda a informação que é disponibilizada ao utilizador, é autorizada pelo mesmo. É perguntado se pretende receber informação, e se permite que seja determinada a sua posição. Em termos de conteúdos o cliente poderá apenas escolher um número máximo de notificações por visita ou por hora, e existem mecanismos para que este não receba informação repetitiva.

4.4.2 Tres Aguas Shopping Mall

O centro comercial *Tres Aguas Shopping Mall*, na cidade de Madrid, adotou a plataforma Ubicua Xperience, que possibilita a implementação de Beacons para promover a interação direta entre o centro comercial e os consumidores, providenciando a personalização de informação e ofertas mas também a segurança de crianças em tempo real. Este é considerado o primeiro centro comercial inteligente na Europa.

A utilização do smartphone permite determinar a localização exata do consumidor, por este meio o centro comercial pode oferecer informação útil e atrativa, atraindo assim mais consumidores e criando um impacto nas decisões de compra dos mesmos.

Recorrendo a uma aplicação os utilizadores tem a possibilidade de aceder aos serviços. Ao saber exatamente onde se encontra o utilizador em tempo real, o sistema possui uma componente inteligente que permite a aprendizagem das rotinas, hábitos e práticas gerando assim um histórico [63].

Na prática a plataforma recolhe a informação que é enviada para o sistema e se a plataforma contiver elementos de *Business Intelligence*, faz a previsão de quais os melhores momentos para lançar promoções ou eventos, aumentando e otimizando as oportunidades de negócio. É possível também a partir desta informação gerar relatórios, com a mais variada informação tais como: o intervalo de idades das crianças que frequentam o espaço, o número de visitas numa loja, as horas de maior tráfego, o sexo dos utilizadores entre outros tipo de informação.

Deste modo é possível criar uma experiência personalizada para cada utilizador. Traduzindo-se em:

1. Promoções que coincidam com o perfil dos utilizadores.
2. Quando existe ligação com o perfil do utilizador, além de ter a capacidade para aferir quais as preferências do utilizador, consegue apresentar promoções direcionadas a essas mesmas preferências.
3. Provador virtual na loja ou em casa
4. Integração com dispositivos e equipamentos: espelhos, cabides, pulseiras inteligentes, cartazes, reconhecimento facial e por voz.
5. Ligação com dispositivos [IoT](#).
6. Serviços adicionais como por exemplo, pagamento por via do telemóvel ou reserva de espaços.

4.4.3 Nordstrom

A Nordstrom, empresa norte americana no ramo do retalho de roupa, tem investido na inovação e na personalização dos serviços prestados online nas suas cerca de 225 lojas. Cerca de 30 % do seu orçamento é direcionado para o desenvolvimento tecnológico. Parte da estratégia de marketing passa por monitorizar algumas redes sociais, como por exemplo o Pinterest, da qual conseguem identificar os produtos mais populares, e desta forma tentar captar a atenção dos consumidores nas suas lojas para este tipo de artigos. Algumas lojas da Nordstrom permitem também aos seus clientes recorrerem aos provedores interativos , para ver imagens e opiniões sobre produtos que o cliente goste.

Tal como nos projetos mencionados anteriormente esta rede de lojas recorre igualmente à rede para identificar o trajeto dos seus clientes e perceber alguns dos comportamentos destes dentro da loja.

Um dos objetivos desta companhia é aumentar a interação entre as compras online e em loja, permitindo aos clientes algumas funcionalidades que complementam o serviço de compras em loja com as compras feitas online e vice versa. Para tal objetivo desenvolvem uma aplicação mobile com algumas funcionalidades.

Se o cliente já tiver anteriormente escolhido o artigo que pretende na aplicação antes de ir à loja, ao passar pela mesma vai permitir ao cliente saber se o artigo está disponível na figura 4.6, através de um Beacon colocado à entrada.

No caso do cliente realizar compras dentro de uma loja, se este ler a etiqueta dos produtos com a aplicação mobile da Nordstrom é possível verificar o stock deste produto tanto online, como nas lojas perto. Isto poderá ser útil num cenário em que o cliente encontrou o produto que pretendia mas não no tamanho ideal, e assim pode desta forma verificar se existe o tamanho pretendido numa outra loja da cadeia.

4.4.4 Waitrose e Woolworths

A Waitrose e a Woolworths são dois outros exemplos de cadeias que decidiram incorporar nas suas lojas sistemas que recorrem a Beacons. Em relação às aplicações já referidas, esta apresenta uma característica que as diferencia, além da interação entre a compra online e as compras na loja existe também a colaboração direta dos funcionários do estabelecimento, de forma personalizada.

No caso da Waitrose quando o consumidor faz a leitura do código de barras, além deste poder ver comentários sobre o produto adicioná-lo a um carrinho de compras digital e efetuar o pagamento através da aplicação mobile, pode requisitar a ajuda de um funcionário da loja. O funcionário por sua vez recebe o pedido de ajuda e pode ter acesso a informação sobre o cliente, por exemplo o historial de compras de modo a ter uma melhor abordagem ao cliente.

Na Woolworths o suporte oferecido pelo funcionário decorre de forma diferente. O cliente pode fazer um pedido de compra online e posteriormente levanta-lo na loja. O início do processo de levantamento do produto é iniciado após a deteção de que o cliente está

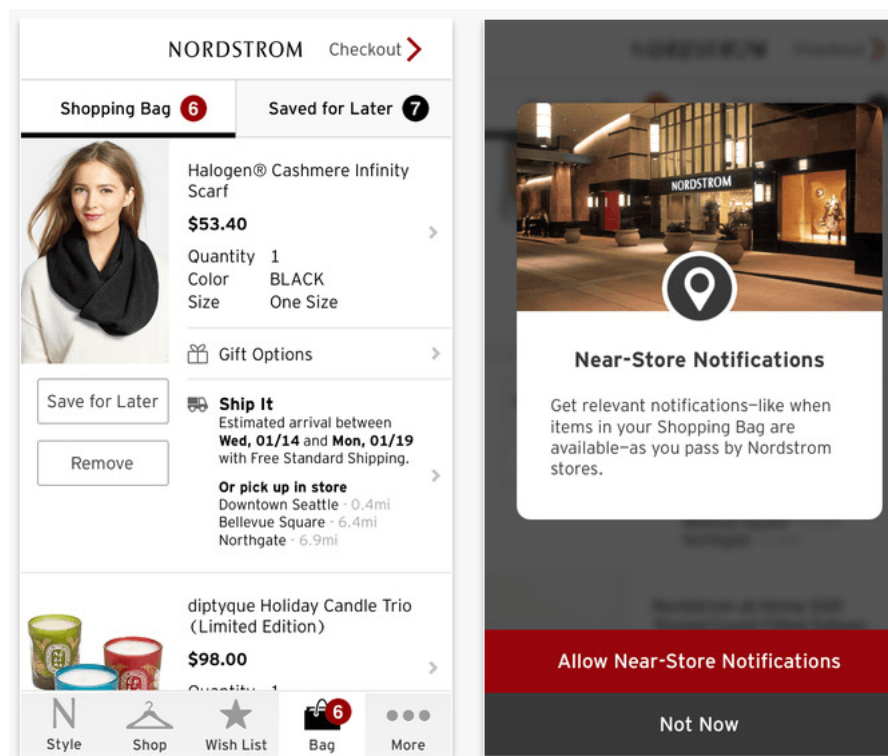


Figura 4.6: Aplicação Mobile da cadeia Nordstrom.

nas imediações da loja, através dos Beacons instalados. Quando ocorre essa detecção os colaboradores são notificados e começam a processar a ordem de compra. O utilizador vai sendo notificado, ao longo de todo o processo, do estado de processamento da compra até esta estar pronto a ser levantado.

SOLUÇÃO PROPOSTA

5.1 Introdução

Como referido o principal objectivo é desenvolver uma plataforma que aumenta a interação entre os clientes e a gestão dos espaços comerciais, de forma a melhorar a sua experiência nos mesmos. Para tal esta plataforma apresenta soluções para que os espaços comerciais consigam recolher mais informações sobre os seus clientes, de forma mais personalizada, mas também que os clientes possam interagir com o meio que os envolve com o intuito de melhorar o seu conforto. Uma visão simplificada do sistema apresenta-se na figura [5.1](#).

Indo de encontro aos objetivos propostos, é necessário em primeiro lugar implementar um sistema que seja capaz de interpretar quais os níveis de conforto do cliente e associar essa informação à posição em tempo real do utilizador, e por fim que seja possível ao administrador poder interpretar aquilo que o cliente pretende. O conceito da arquitetura proposta pode ser encontrada na [5.2](#):

Durante a definição da arquitetura, pretendeu-se especificar um sistema que possa ser expansível, mas também que permitia a aplicações de outras plataformas, como as que são baseadas em sistemas iOS ou Windows Mobile, de poderem aceder ao sistema implementado. Para o efeito desenvolveu-se a uma arquitetura com recurso a um servidor [REST API](#).

5.2 Android

O desenvolvimento de uma aplicação Android é uma peça fundamental do sistema. Sem a mesma tornava-se impossível, num ambiente em que existem vários utilizadores, permitir que estes possam ser parte ativa das decisões sobre o sistema presente num espaço

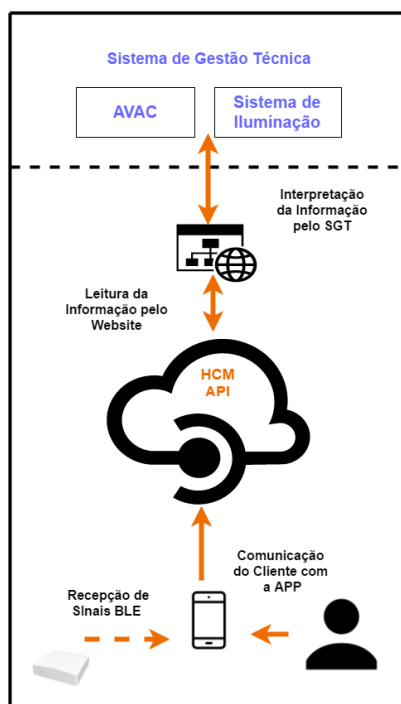


Figura 5.1: Visão simplificada do sistema

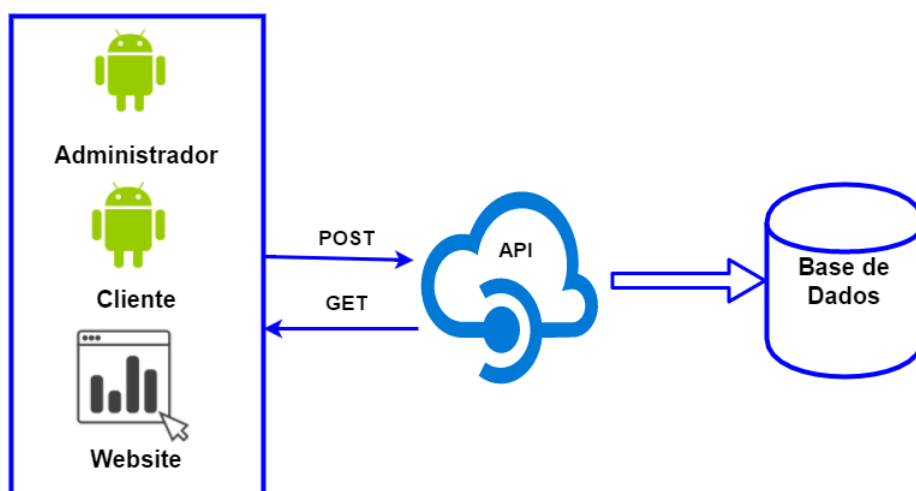


Figura 5.2: Arquitectura Proposta.

comercial. Esta aplicação poderá ainda ser facilmente inserida numa hipotética aplicação já existente, pertencente a um lojista. Um outro aspeto importante a ter em conta é que esta possa ser de simples e atraente utilização por parte do utilizador.

Durante a especificação da aplicação Android esta foi pensada para que existam quatro tipos de utilizadores: administradores, lojistas, clientes e clientes anónimos. Do ponto de vista gráfico ao longo de todo o desenvolvimento existiu uma tentativa de seguir as orientações da Google face àquilo que é desejado em termos de experiência para o utilizador. Não foram seguidas todas as indicações no entanto em relação à cor predominante da

aplicação, cor de fundo, animações associadas e a alguns elementos tais como os botões, *slider*, caixas de edição de texto, *checkbox* e aos vários *spinners*, houve uma tentativa de estar o mais próximo possível daquilo que é aconselhado pela Google.

5.2.1 Estrutura da Aplicação Android

A aplicação Android pode ser dividida em duas componentes distintas: uma virada para o cliente não administrador e a outra direcionada para o cliente administrador. Do lado do cliente não administrador é possível avaliar o nível de conforto térmico sentido e indicar qual o nível de iluminância e qual a temperatura da cor no local onde o cliente se encontra. Do ponto de vista do administrador, a aplicação surge como a ferramenta que permite fazer o registo dos sinais wifi, fundamental para a determinação da posição do cliente. Esta aplicação permite a interação a uma [API](#).

5.2.2 Componente do Administrador

5.2.2.1 Protótipo da componente do Administrador

Parte do bom funcionamento do projeto desenvolvido passa por conseguir obter um sistema de localização recorrendo à rede wifi que, além de corresponder a todos os requisitos técnicos abordados anteriormente, deve ter a particularidade do registo dos sinais provenientes dos vários routers da rede wifi por parte do operador, ser fácil, simples e intuitivo.

O desenvolvimento da aplicação em Android implica ter uma estrutura predefinida de toda a organização da mesma, tal como das suas funcionalidades, se tal não for feito, este equilíbrio entre funcionalidade e ambiente gráfico torna-se difícil de testar e implementar. Assim a solução encontrada foi a de recorrer a um software de prototipagem de aplicações Android, o que permitiu além do desenvolvimento da componente gráfica, observar algumas dinâmicas (botões de navegação, transição entre *views*, etc), apenas do ponto de vista gráfico sem que isso implique qualquer tipo de código funcional.

A estrutura testada foi cumprida. Consideraram-se algumas simplificações, essencialmente do ponto de vista da navegação entre menus, o que além de melhorar a utilização da aplicação por parte do cliente, simplifica também o código implementado.

5.2.2.2 Versão Final

Após o desenvolvimento e teste do protótipo ficou definida a seguinte a componente do administrador arquitectura apresentada na figura 5.4. Estas funcionalidades podem ser organizadas do seguinte modo:

- **Registo de uma nova estrutura:** Identificado como **New**, possui a capacidade de registar um novo endereço, um novo edifício de um endereço existente, ou um novo piso de um edifício existente.

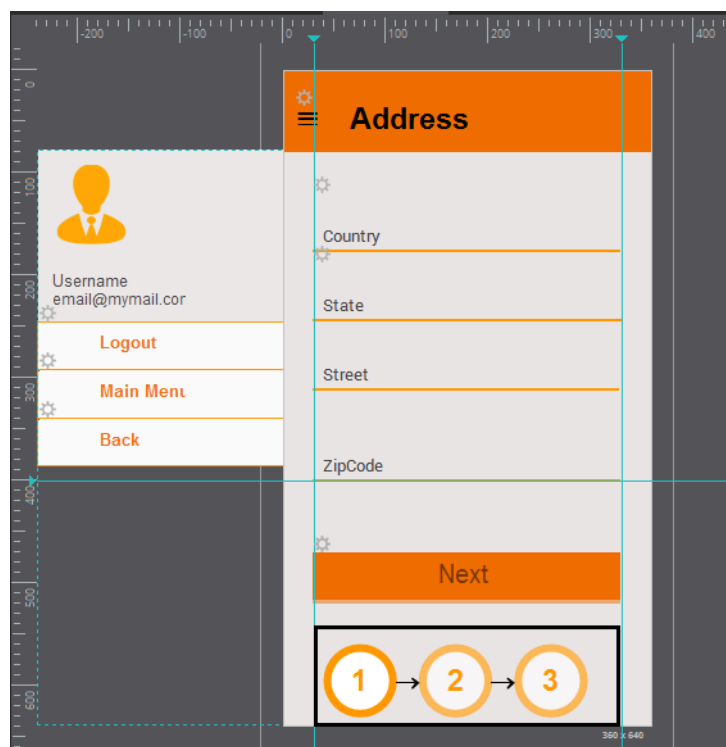


Figura 5.3: Parte do protótipo inicial para a componente Administrador do Android.

- **Actualizar registo de sinais:** Identificado como **Update**, permite atualizar os sinais de wifi referentes a uma zona de um piso. Poderá ser útil se por acaso um dos pontos de acesso à rede wifi, sofrer alguma alteração.
- **Apagar registo de sinais:** Identificado como **Delete**, permite apagar o registo dos sinais wifi.

Para se proceder ao registo dos sinais wifi, sem que exista nenhuma informação prévia relativa a um determinado endereço, é necessário definir e registar a morada a que o edifício estará associado. Depois desse passo é necessário registar um edifício, um piso e finalmente uma ou várias zonas. A hierarquia implementada está representada na figura 5.5.

As opções existentes possibilitam tanto fazer o registo referente a um novo piso, como atualizar os dados já recolhidos de um piso existente. Tal como fazer o registo de uma nova zona ou de uma zona já existente, para tal apenas é necessário escolher a opção mais indicada na interface de registo dos sinais. O menu de Update pode ser visualizado na figura 5.6.

A sequência de registo de sinais wifi foi desenhada tendo em conta um espaço com vários edifícios comerciais, em que a delimitação de espaços possa ser dinâmica. O objectivo de adoptar esta estratégia, é que se torne vantajosa caso se pretenda ter um sistema que se adapta às características do sistema de controlo do edifício, tanto no caso deste permitir a personalização centrada em pequenos espaços, como uma casa de banho caso se trate

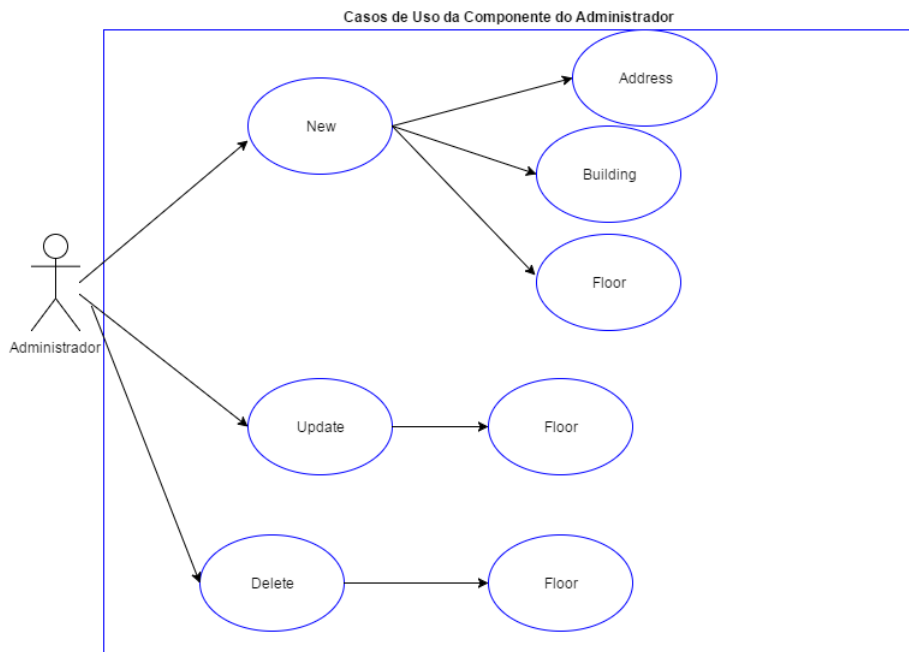


Figura 5.4: Diagrama de casos de uso do administrador em relação à aplicação.

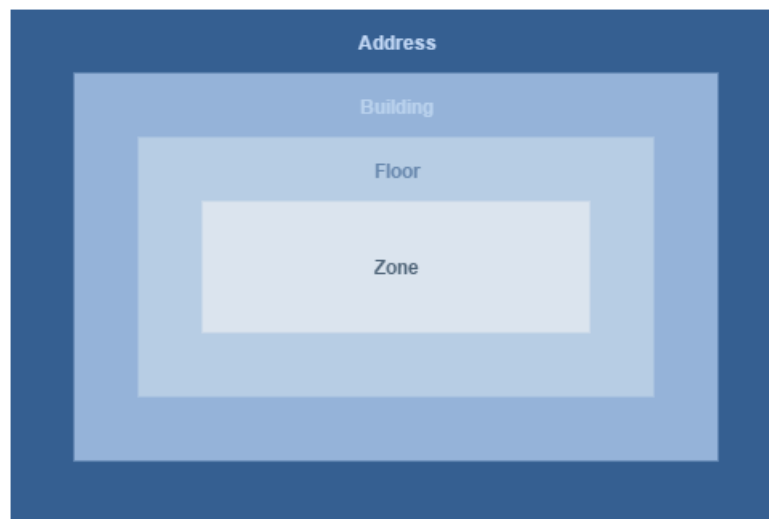


Figura 5.5: Organização da estrutura do edifício comercial.

de uma instalação que permita apenas o controlo de áreas mais abrangentes, como por exemplo um corredor. A figura 5.7 demonstra a lógica associada ao registo de sinais.

Seguindo a implementação proposta pela referência [6], o registo dos sinais foi efetuado ao longo de todo o DEE. Existiu uma divisão por pisos e posteriormente por zonas, depois disso foram definidos locais de medição, e foram registados os sinais de forma independente em cada uma das direções. Para esta finalidade foi necessário determinar em tempo real o azimuth para qual o dispositivo móvel está direcionado recorrendo aos

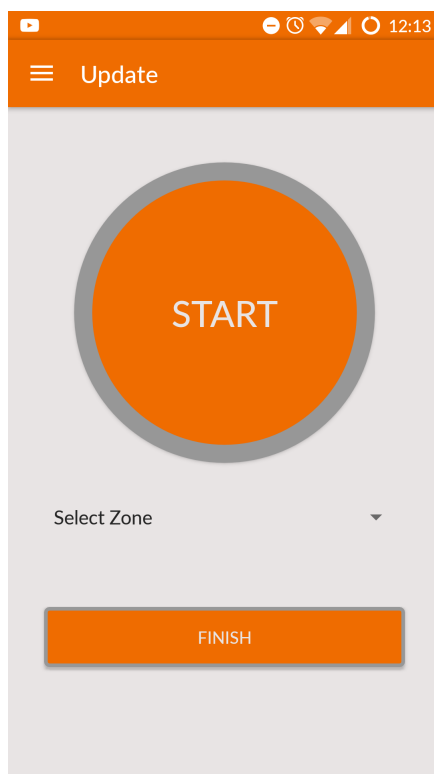


Figura 5.6: Interface de Registo dos sinais wifi.

sensores, de gravidade, acelerómetro e magnetómetro. Considerou-se 3 o número de registos efetuados pelo conjunto direção por pontos de referência, tempo de amostragem de 0.1s, espaçamento entre pontos de medição de 3 a 4 metros e os seguintes intervalos de azimute para as direções:

1. **Norte:** 330° a 29°
2. **Este:** 60° a 119°
3. **Sul:** 150° a 219°
4. **Oeste** 240° a 300°

De modo a ter a informação referente apenas a sinais originários da rede de internet da faculdade e evitar sinais provenientes por exemplo de *hotspots*, foram considerados os sinais pertencentes à rede Eduroam. Desta forma é possível manter a consistência da informação da base de dados e evitar problemas na fase de determinação do local.

5.2.3 Cliente

A componente da aplicação desenhada para o cliente pretende ser de fácil e rápida utilização por parte do mesmo. Uma das funcionalidades existentes é a possibilidade de

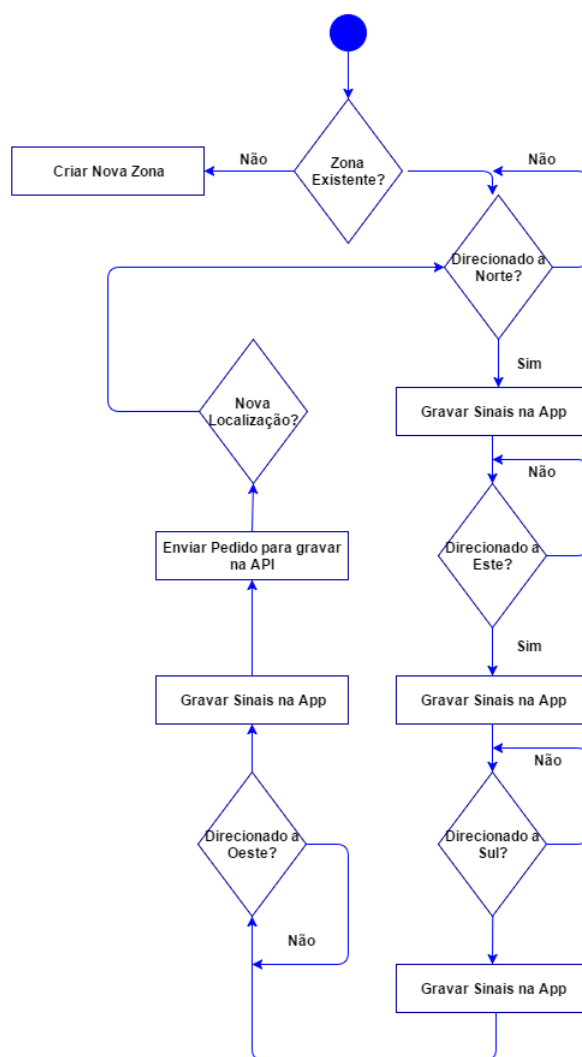


Figura 5.7: Lógica de Registo dos sinais RSSI's.

registo de um novo cliente. O novo utilizador pode pedir anonimato ao escolher a opção *Anonymous* na aplicação, como é apresentado na figura 5.8.

Na prática o anonimato passa por manter a *password*, o *email* e o *username* encriptados na base de dados, com o objetivo de assegurar ao cliente que a sua informação não será usada para outros fins sem o consentimento dos mesmos.

Esta opção tem como desvantagem para o cliente este ficar com um menor peso na decisão das variáveis associadas ao conforto no local.

Não é apenas o cliente anónimo que apresenta uma diferente contribuição no que diz respeito ao controlo do espaço envolvente. O poder de decisão no sistema está organizado segundo uma hierarquia. A tabela 5.1, apresenta os valores dos pesos na decisão consoante o paradigma.

Recorrendo à equação 5.1 obtêm-se os valores preferenciais, de temperatura, iluminação e temperatura de cor, para cada zona.

Figura 5.8: Interface de Registo de novo utilizador.

Tabela 5.1: Percentagens referentes aos pesos de decisão dos clientes.

Caso	Admin	Lojista	Cliente	Anónimo
1	40%	30%	20%	10%
2	40%	25%	35%	
3	45%	20%		35%
4	55%		30%	15%
5	65%	35%		
6	70%			30%
7	65%		35%	
8	100%			

$$p = p_c \times c_c + p_a \times c_a + p_l \times c_l + p_{an} \times c_{an} \quad (5.1)$$

Em que: p_c refere-se ao valor preferencial associado ao cliente, c_c refere-se à contribuição percentual associado ao cliente, p_a refere-se ao valor preferencial associado ao administrador, c_a refere-se à contribuição percentual associado ao administrador, p_l refere-se ao valor preferencial associado ao lojista, c_l refere-se à contribuição percentual associado ao lojista, p_{an} refere-se ao valor preferencial associado ao cliente anónimo e c_{an} refere-se à contribuição percentual associado ao cliente anónimo

Existem dois modos de realizar pedidos em relação aos valores que se pretendem num determinado local, com recurso a [Quick Response Code \(QRCode\)](#) ou não, como se

apresenta na figura 5.9. O principal objetivo da incorporação do [QRCode](#), foi a necessidade de encontrar soluções para os locais onde a cobertura da rede wifi não permita a determinação da localização, quando a localização varia, como acontece nos elevadores, ou com o intuito de aumentar a interação entre o cliente e o espaço envolvente. Esta incorporação foi realizada após a análise do sistema implementado em [34]. Do ponto de vista comercial o [QRCode](#) poderá ter outro tipo de finalidades. É possível levar o cliente a fazer a leitura do [QRCode](#), atraindo o mesmo para uma ação de publicidade, promoções ou para eventual registo do número de clientes que passou naquele espaço. Em troca o cliente poderia passar do estatuto de anónimo para cliente, ou receber algum desconto/promoção.



Figura 5.9: Menu de Cliente.

Tendo como base a escala [ASHRAE](#) já referida, a interface gráfica de [33], e a curva de *Kruithof* estabeleceu-se a interface apresentada na figura 5.9.

Definiu-se um *slider* que é responsável pela definição de qual o nível de conforto térmico do cliente, sendo que a escala está de acordo com os valores possíveis de [PMV](#). Para os valores associados à iluminação ficou definida a possibilidade da manipulação das duas grandezas referenciadas na Curva de *Kruithof*, inicialmente deve-se definir a cor de temperatura, recorrendo a um *slider*. Consoante o valor definido é possível variar o valor de iluminância mantendo a luminosidade na zona que é agradável ao ser humano. A interface desenhada pode ser visualizada na figura 5.10.

Por fim é necessário submeter o pedido, para tal o utilizador terá de ligar a recepção de

sinais wifi e de ter uma ligação estabelecida à rede de *internet*.

De forma muito semelhante ao utilizado no registo inicial destes sinais. Os valores destes sinais são enviados após uma única leitura e consideram-se os seguintes intervalos de azimuth para as direções:

1. **Norte:** 315° a 44°
2. **Este:** 45° a 134°
3. **Sul:** 135° a 224°
4. **Oeste** 225° a 314°

Ao contrário de aquando o registo inicial dos sinais é necessário que não existam valores de azimuth para os quais não está associada nenhuma direção. Porque no corpo do pedido à [API](#) direção é um campo obrigatório.

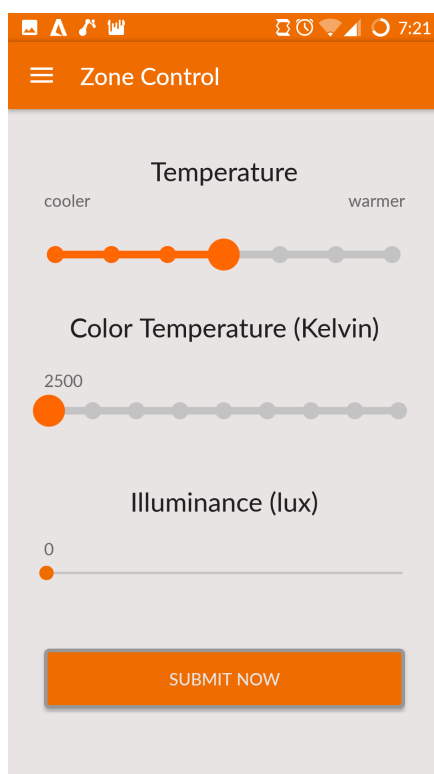


Figura 5.10: Interface do Cliente.

5.2.4 Beacons

A incorporação de *Beacons* ao longo desta tese não tem apenas como objetivo, aumentar a utilização de uma possível aplicação do espaço comercial, apresentando todas as vantagens comerciais já referidas, mas também tem como função determinar o número de entradas e saídas num edifício. Um dispositivo *Android* que possibilite a captação

de sinais wifi, permite ter aplicações que detetam os sinais **BLE** de duas formas: modo *Monitoring* ou modo *Ranging*. O modo *Ranging* apenas opera quando a aplicação já está em funcionamento, e permite verificar a listagem de todos os dispositivos **BLE** que se encontrem nas imediações e a distância a que esses se encontram do dispositivo. O modo *Monitoring* ao contrário do anterior permite a deteção de dispositivos **BLE**, mas sem a especificação de quais os dispositivos que estão nas imediações. A vantagem é que este modo pode operar quando a aplicação não está ainda em funcionamento. Assim este foi o modo escolhido para o objectivo pretendido. Com a aplicação a recorrer ao modo *Monitoring* quando é detectado um dispositivo **BLE** esta é iniciada. Se estiver estabelecida a ligação com a rede wifi, a aplicação envia a informação à **API** referente a entrada/saída no espaço comercial. A lógica associada a esta implementação é apresentada na figura 5.11

5.3 Painel de Controlo e Visualização de Dados

Até ao momento foram apresentadas as soluções desenvolvidas com a finalidade de ter uma plataforma que permita por parte do utilizador ter um melhor conforto localizado e personalizado. No entanto na componente Android apenas está disponível a alteração de valores por parte de um utilizador não do administrador, desta forma é necessária uma ferramenta que permita ao administrador contribuir com as suas preferências, independentemente daquilo que possa vir a ser definido pelos operadores no sistema de gestão técnica do edifício.

Neste sentido é muito útil desenvolver um *website* onde em simultâneo se apresente alguns dados que poderão vir a ser bastante úteis, se o operador do espaço comercial pretender identificar por exemplo: quais as zonas que poderão estar a causar mais desconforto, os momentos em que existem mais utilizadores a queixarem-se do sistema ou na qual existe mais fluxo de entradas e/ou saídas no espaço comercial.

As operações possíveis por parte do operador podem ser representadas segundo o seguinte esquema 5.12

Estes dados podem ser usados com a finalidade de redefinir quais os valores de referência para um determinado local, o ajuste dos valores do sistema **AVAC** ou do sistema de iluminação em momentos em que existam menos clientes, podendo levar a uma diminuição de gastos. Isto permite um melhor balanço entre o consumo energético e o conforto dos clientes, indo de encontro ao que é defendido pelos sistemas que se baseiam no conceito *human centric*.

O acesso a este *website*, apenas é possível através da validação das credenciais se estas pertencerem a um administrador, e o registo apenas pode ser feito diretamente na base de dados por parte do administrador da base de dados, o formulário de acesso é apresentado na figura 5.13 Desta forma aumenta-se o nível de proteção caso um utilizador que não possui o nível de administrador tente aceder ao mesmo.

Existem 3 menus designados por:

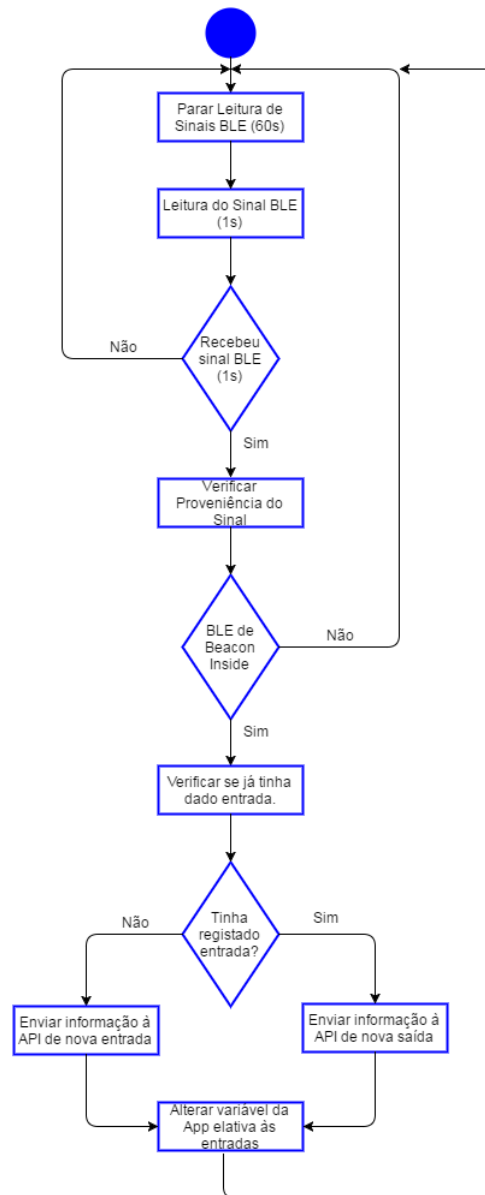


Figura 5.11: Lógica de deteção de um Beacon.

1. **Preferences:** É possível ao administrador definir quais os valores de referência que pretenda que o sistema tenha.
2. **Information:** É possível ao administrador visualizar quais os valores que a plataforma HCM indica como sendo os preferênciais para cada uma das zonas e quais os valores atuais em casa piso, com cada uma das zonas descriminadas.
3. **Historic:** É possível visualizar a quantidade de pedidos efetuados entre duas datas, o número de entradas, o número de saídas numa determinada data, de um determinado edifício, e os níveis de conforto. Todos os dados são apresentados por piso com a descriminação de cada zona.

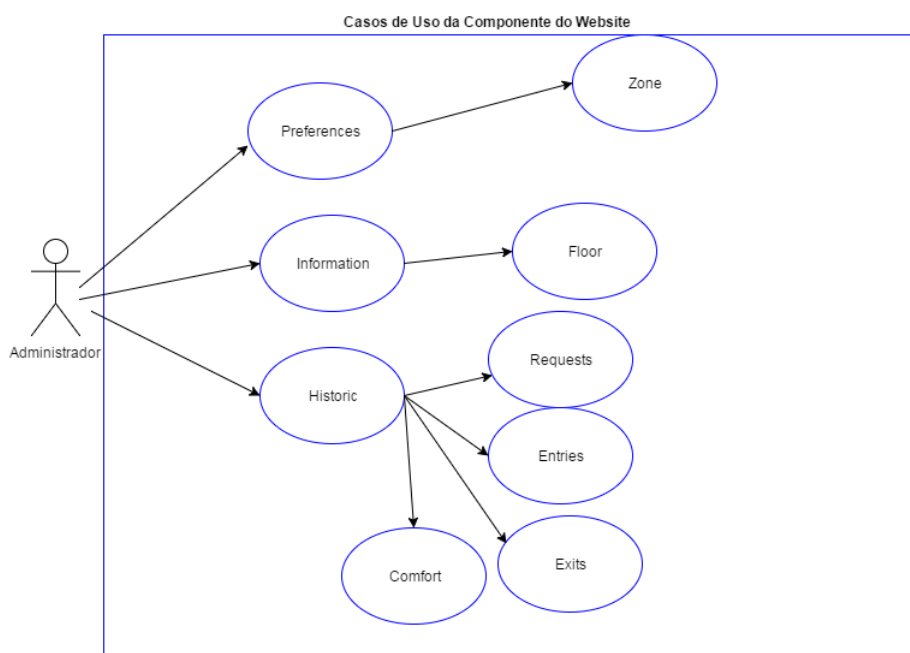


Figura 5.12: Diagrama de casos de uso do administrador em relação ao Website.

Figura 5.13: Login do Website.

Todas as opções nas *Select Lists* vão surgindo de forma dinâmica. O *website* realiza pedidos ao servidor consoante as escolhas que vão sendo realizadas sem que isso necessite de atualizar toda a página, tornando a navegação do *website* mais agradável e fluída. Para o efeito tanto o *website* como a *API* foram construídas sobre uma *framework* de **Personal Home Page (PHP)**, intitulada Laravel. Os dados exibidos são dinâmicos, consoante o número de zonas num piso, incluindo os gráficos. Para a construção dos gráficos foi utilizada a biblioteca ChartJS.

Também a organização dos elementos do *website* apresentam alguma elasticidade, estando o mesmo preparado para ser exibido em smartphones. Para o efeito todos os elementos gráficos pertencem à biblioteca de [Cascading Style Sheets \(CSS\)](#), Bootstrap. Todos os campos de seleção estão protegidos de forma a que se estes não possuam valor, surge essa indicação, quando o administrador tenta submeter uma opção.

5.3.1 Menu *Preferences*

O menu *Preferences* (figura 5.14) como já referido, permite ao administrador ter a capacidade para definir quais os valores que pretende para a temperatura, nível de iluminância e cor de temperatura. Em relação à cor de temperatura e iluminância os valores não necessitam de estar de acordo com os da curva de Kruithoff, desta forma é deixado ao critério do administrador contando que este tenha bom senso mas que possa criar ambientes com alguma diversidade.

Os valores são escolhidos por zona. É necessário definir inicialmente qual a morada, depois disso, surgem os edifícios que podem ser escolhidos, os pisos que existem no mesmo e por fim a escolha da zona associada a esse piso. Mais uma vez toda a informação surge de forma dinâmica.

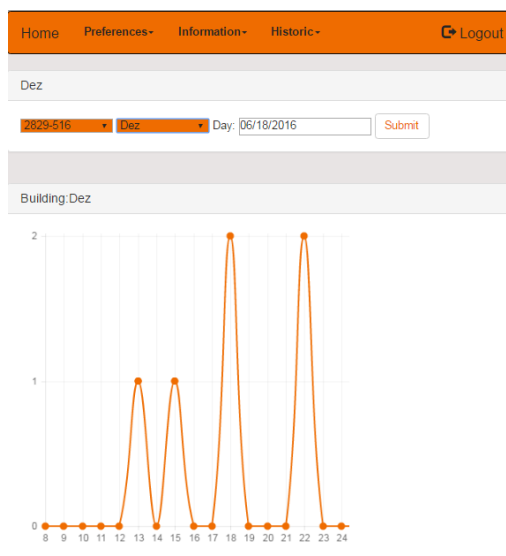


Figura 5.14: Menu Preferences.

5.3.1.1 Menu Information

Este menu (figura 5.15) permite ao administrador verificar quais os valores de iluminância, cor de temperatura e temperatura pretendidos, através dos valores desejados pelos administradores e os demais utilizadores na hierarquia, nas zonas de um determinado piso, tal como os valores atuais de cada zona de um piso e a humidade na mesma. À semelhança do menu anterior é necessário escolher o piso pretendido. Os valores apresentados

são aqueles que estão na base de dados aquando é realizado o pedido, e não aqueles que estão em vigência em tempo real.

Home Preferences Information Historic Logout

Menu

Select Address Select Building Select Floor Submit

Floor: Segundo

Preferences

Zone Id	Lighting Illuminance	Lighting Temperature	Temperature
94	-1	0	-1

Variables

Zone Id	Lighting Illuminance	Lighting Temperature	Temperature	Humidity
94	2500	2500	22	80

Figura 5.15: Menu Information.

5.3.2 Histórico de Entradas e Saídas

Esta funcionalidade possibilita que o administrador do espaço comercial visualize o registo de entradas/saídas no edifício, como se pode observar na figura 5.16. Para tal, é necessário escolher qual o endereço, o edifício, e a data da qual pretendemos visualizar a informação, obtendo-se assim um gráfico com o número de entradas ao longo das horas. Esta informação não identifica de forma individual qual o utilizador que saiu ou entrou no espaço. Mantendo assim o anonimato dos dados, não interferindo com a privacidade do utilizador.

5.3.3 Histórico de Pedidos

De forma a visualizar o número de pedidos realizados num determinado espaço, é necessário seleccionar qual o piso e o período de tempo do qual se pretende visualizar os dados. Ao contrário do menu de entradas e saídas do edifício, aqui a informação não é relativa a um único dia nem surge organizada por horas, como se verifica na figura 5.17. Assim é possível recolher informação relativa a um período mais alargado, como por exemplo a uma determinada semana ou estação. Esta poderá ser útil para aferir por exemplo se existe uma aumento de pedidos do Verão para o Inverno com o intuito de perceber de modo holístico o conforto dos utilizadores.

Em relação a cada zona é possível verificar a quantidade de pedidos realizada pelos diferentes tipos de clientes registados no sistema.

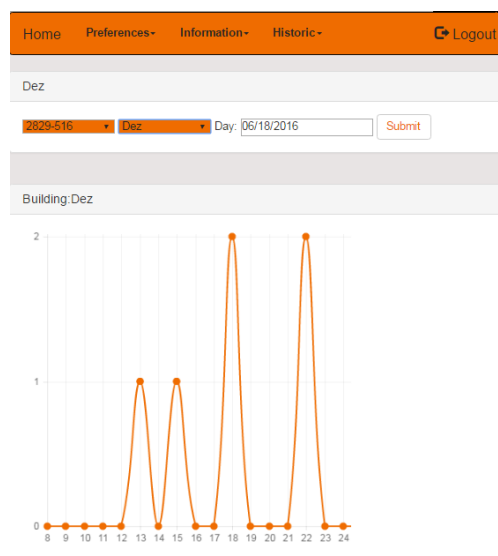


Figura 5.16: Historico de Building Entries.

5.3.4 Histórico dos Níveis de Conforto

Ao longo de todo o projeto o principal objetivo foi melhorar a percepção dos níveis de conforto dos utilizadores dos espaços comerciais. Em termos de conforto luminoso não foi desenvolvida nenhuma ferramenta que permita retirar conclusões através dos pedidos realizados pelos mesmos. No entanto seguindo o sistema adotado para a avaliação do nível de conforto térmico na aplicação Android, é possível visualizar a média do valor de ao longo do período de funcionamento do edifício, apresentada na figura 5.18.

Esta informação pode ser visualizada para um determinado piso e para as suas zonas constituintes. Posteriormente o objetivo será calcular o [PPD](#), e verificar os níveis de conforto dos utilizadores.

5.4 Base de Dados

A base de dados foi concebida e normalizada de forma a poder ter a informação de forma organizada e eficiente. A base de dados deve ter a capacidade:

1. Não possuir informação redundante e desorganizada.
2. Representar a estrutura de um determinado espaço comercial, e que essa possa ser dinâmica.
3. Permitir o registo dos sinais da rede wifi de forma sistemática e estruturada.
4. Manter uma estrutura que tornasse a implementação do algoritmo [k-NN](#) eficiente.
5. Clarificar as relações entre as zonas do espaço comercial as variáveis associadas às mesmas e as preferências dos vários tipos de utilizadores.

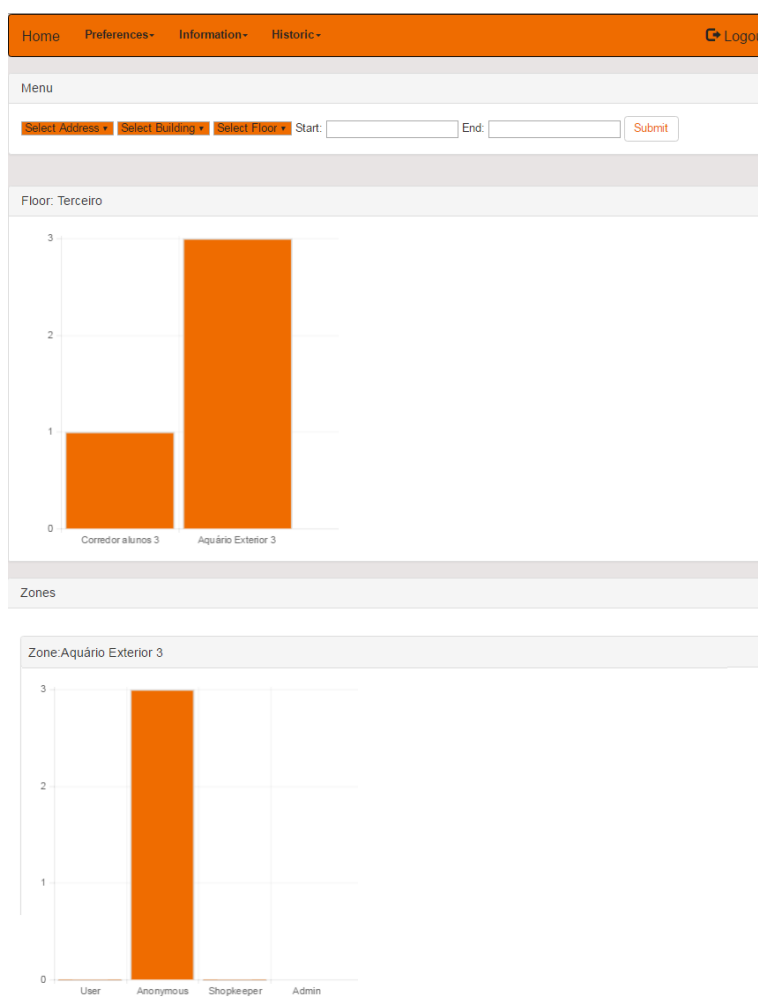


Figura 5.17: Historico de *Requests*.

6. Permitir à [API](#) responder e interpretar de forma correta as informações que lhe são requisitadas tanto pelo *website* como por aplicações móveis.

Para a modelação da base de dados recorreu-se à ferramenta MySQL Workbench, o que permitiu desenhar o diagrama de Entidades e Relacionamentos de todo o sistema. Além da modelação este software permite *forward and reverse engineering*, da base dados. Desta forma foi possível alojar a base de dados num servidor phpMyAdmin testar a estrutura da mesma a funcionar localmente, e posteriormente importar de novo o modelo para o MySQLWorkbench , se este necessitasse de realizar alguns ajustes.

5.4.1 Modelação das Entidades para o Registo dos sinais

Em relação ao registo dos sinais, a estrutura da base de dados, está de acordo com os menus na aplicação do Android e com os dados necessários para a implementação do algoritmo [k-NN](#).

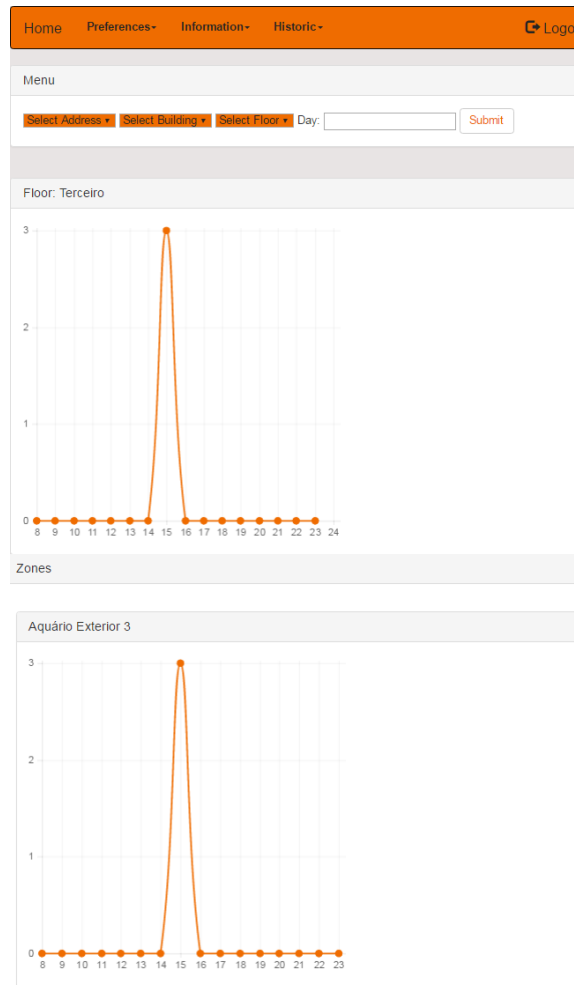


Figura 5.18: Historico de Conforto.

O modelo segue a seguinte lógica. A um *address* podem pertencer um ou vários *buildings* e um *building* só pode pertencer a um *address*. Existe o mesmo tipo de relação entre o *building* e *floor*, o *floor* e *zone*, o *zone* e *reference_point* e entre o *reference_point* e *signal_strength_map* como se pode verificar na figura 5.19.

5.4.2 Modelação das Entidades para a deteção de entradas e saídas

O diagrama de entidades e relacionamentos para a deteção de entradas e saídas, necessita de ser constituído por uma entidade *entry* a qual faz parte de um só *building*, sendo que a um *building* poderão estar associadas várias entradas. A mesma lógica se aplica às *leaves*. A um *building* poderão estar associados vários *beacons*. É possível verificar estas relações na figura 5.20

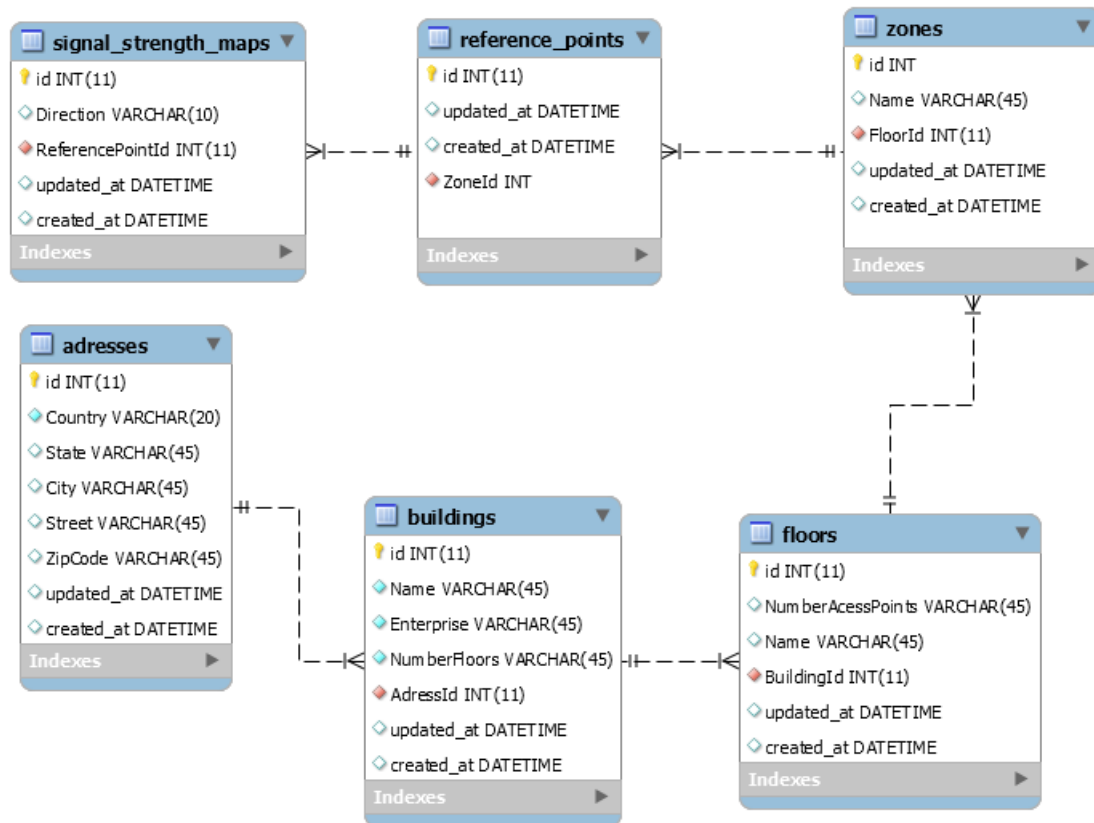


Figura 5.19: Diagrama de Entidades e Relacionamentos da Base de Dados, relativo ao registo dos sinais wifi.

5.4.3 Modelação das Entidades para a especificação de preferências

A especificação de preferências por parte dos diferentes intervenientes no sistema, necessitou de uma estrutura com alguma complexidade. A uma *zone* estão associadas *user_preferences*, sendo que essas *user_preferences* estas estão associadas a um *user*. Dentro das categorias de utilizador existe uma que necessita de atenção especial, o *shopkeeper*. Um *shopkeeper* está associado a um *user* e a uma ou várias *zones*, as quais podem ter vários *shopkeepers* e estes podem ter várias *zones*. Surge assim uma nova entidade auxiliar, a *zone_has_shopkeeper*.

A um *user* podem estar associados *requests*, e estes *requests* estão associados a *zones*. Esta relação é de extrema importância uma vez que permite averiguar quantos pedidos foram realizados associados a uma zona. A cada conjunto de utilizadores dos sistema vão estar associadas entidades: *preference_anonymous*, *preferences_shopleepers*, *preferences_admins*, *preference_clients*. Por fim a cada zona está associada uma *zone_preference*, que está associada a cada entidade referida. Esta arquitetura pode ser consultada na figura 5.21

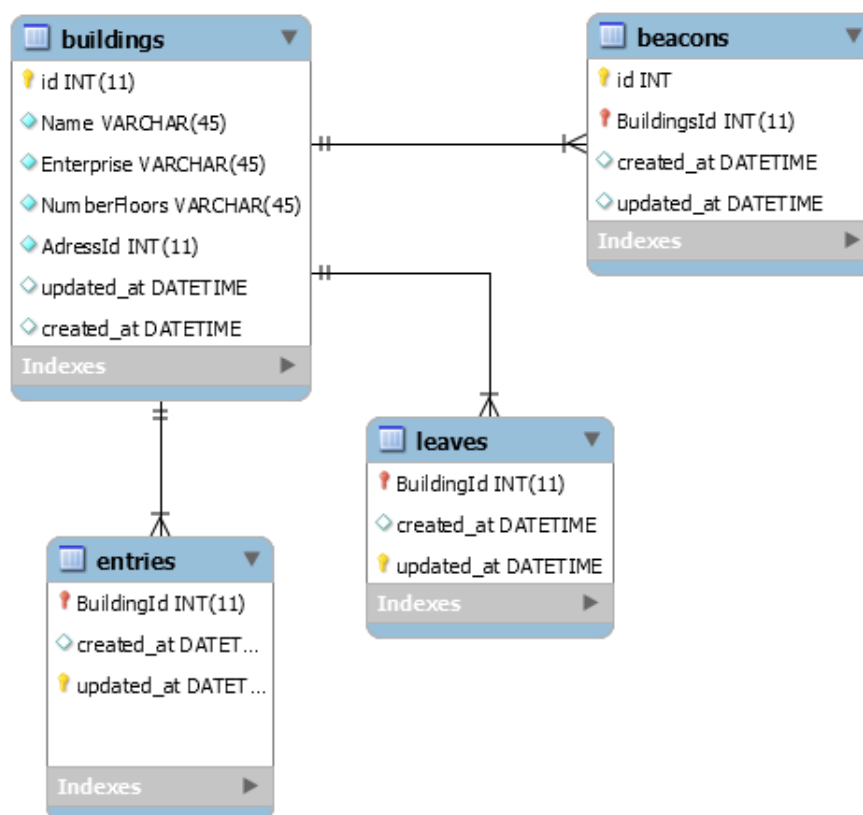


Figura 5.20: Diagrama de Entidades e Relacionamentos da Base de Dados, relativo ao registo das entradas e saídas.

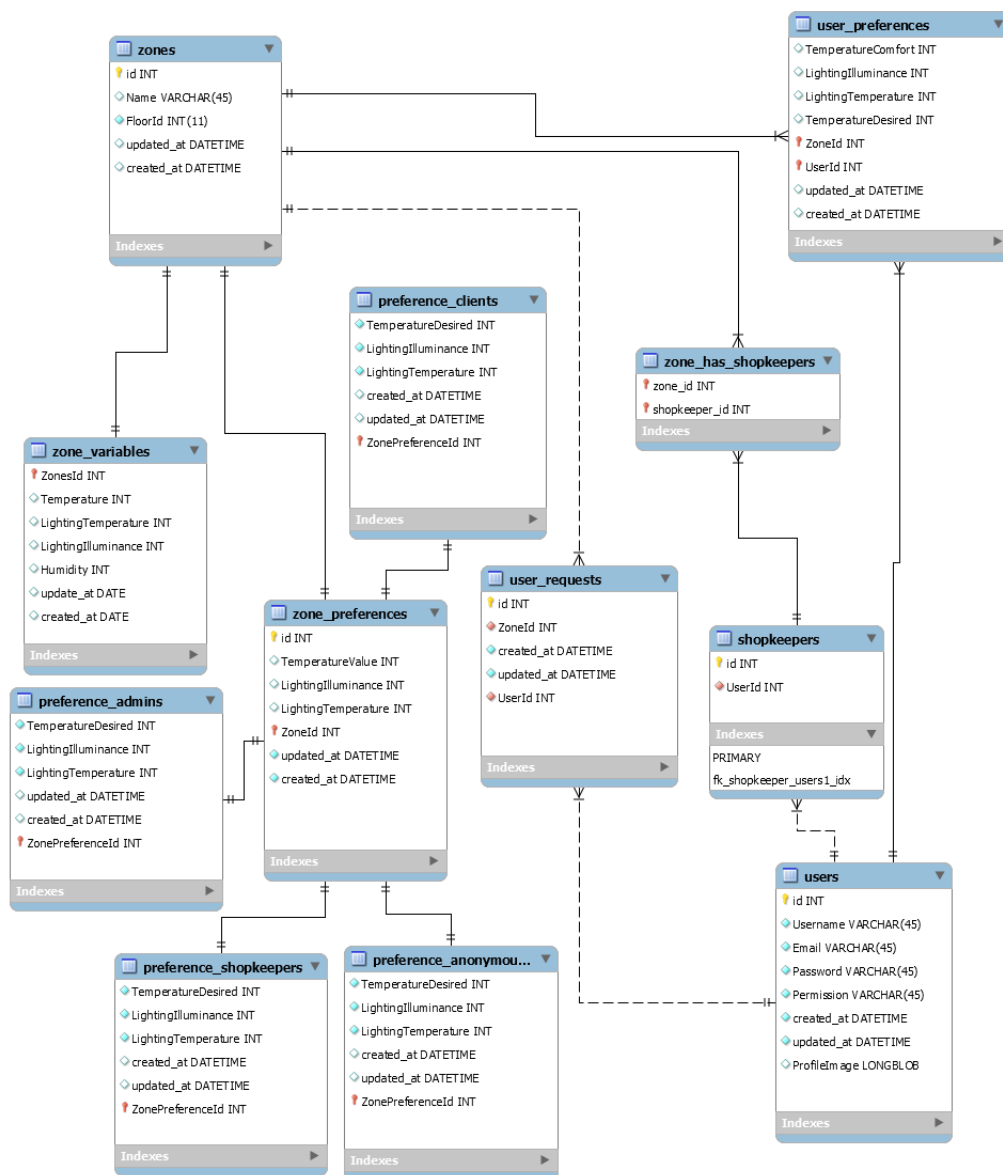


Figura 5.21: Diagrama de Entidades e Relacionamentos da Base de Dados, relativo à especificação de preferências.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

6.1 Introdução

Neste capítulo apresenta-se a realização do teste ao sistema, desde a interface do cliente da aplicação *Android*, à avaliação do conforto dos clientes, à detecção de eventos através de entradas e saídas, até às conclusões finais. Todo este processo serviu, não apenas para comprovar que os mecanismos desenvolvidos funcionam mas também para demonstrar que é possível retirar informação acerca dos utilizadores de um espaço.

Para o efeito a aplicação *Android* foi distribuída a 10 alunos que costumam frequentar o DEE. Foi-lhes pedido, num primeiro momento, que estabelecessem a ligação à internet e ligassem a o receptor de BLE dos seus dispositivos *Android*, antes de entrarem no edifício. Por fim foi pedido que, ao longo do dia, quando estivessem nas salas de mestrado de eletrónica e de telecomunicações, avaliassem sempre que considerassem oportuno os níveis de conforto em relação à temperatura e alterassem os valores de cor de temperatura e iluminação. Os testes apresentados realizaram-se dia 22 de Junho de 2016.

6.2 Análise de Entradas e Saídas do DEE

Um dos pontos interessantes do presente trabalho é a incorporação da tecnologia *Beacon*. No edifício em que foram recolhidos os dados, não foi possível analisar-se do ponto de vista comercial se esta solução se pode vir a revelar eficaz, em relação ao aumento do número de vendas e de fidelização do cliente para com o espaço comercial. No entanto do ponto de vista da detecção de fluxos de pessoas e de possíveis eventos é possível interpretar os dados recolhidos.

Os resultados referentes ao dia 22 de Junho de 2016 referem-se a um dia sem aulas sendo de esperar que os alunos se dirigissem para o edifício preferencialmente depois

de almoço. Neste dia realizava-se o último jogo da fase de grupos da seleção nacional de futebol no Euro2016. Este poderia vir a ser um evento expectável de ser identificável com um número de saídas mais significativo por volta das 17 horas e com um número mais significativo de entradas após o jogo. Tais eventos são possíveis de constatar nos registos efetuados. Segundo os gráficos 6.1 e 6.2, foram registadas 6 saídas por volta da hora do jogo, e depois 7 entradas após o fim do jogo e a hora do jantar.

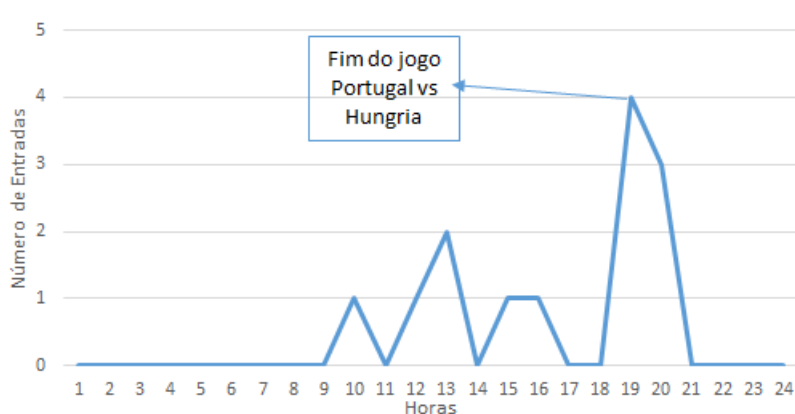


Figura 6.1: Entradas no DEE.

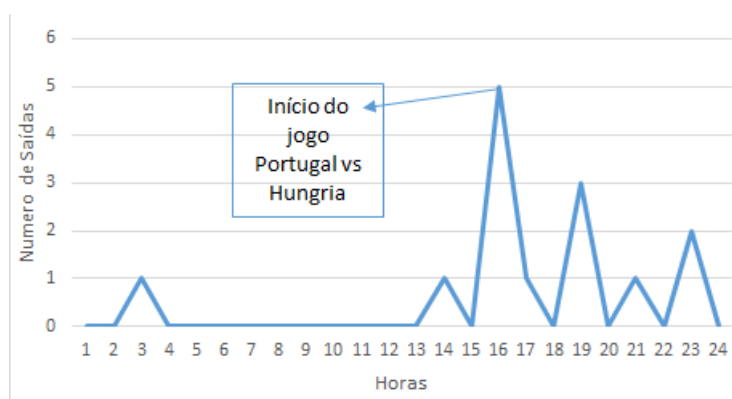


Figura 6.2: Saídas do DEE.

6.3 Análise do Conforto nas Salas de Mestrado de Eletrónica e Telecomunicações

De entre os alunos aos quais foi pedido que instalassem a aplicação a maioria frequentou ao longo do dia as salas de Mestrado destinados aos alunos da área de Eletrónica e de Telecomunicações. Ambas as salas estão na mesma divisão e apenas estão divididas por um biombo. As condições existentes nas salas são semelhantes, em termos de iluminação, e em termos de climatização a única diferença é a existência de uma ventoinha na sala de Eletrónica.

6.3. ANÁLISE DO CONFORTO NAS SALAS DE MESTRADO DE ELETRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES

Foi pedido a todos os que frequentam estas duas salas, de hora a hora avaliassem na sua aplicação qual o nível de conforto que sentiam, através da interface já apresentada.

Os níveis de conforto térmico observados na sala de Mestrado de telecomunicações foram diferentes dos níveis da sala de Mestrado de Eletrónica. Tais dados podem ser observados na figura 6.3

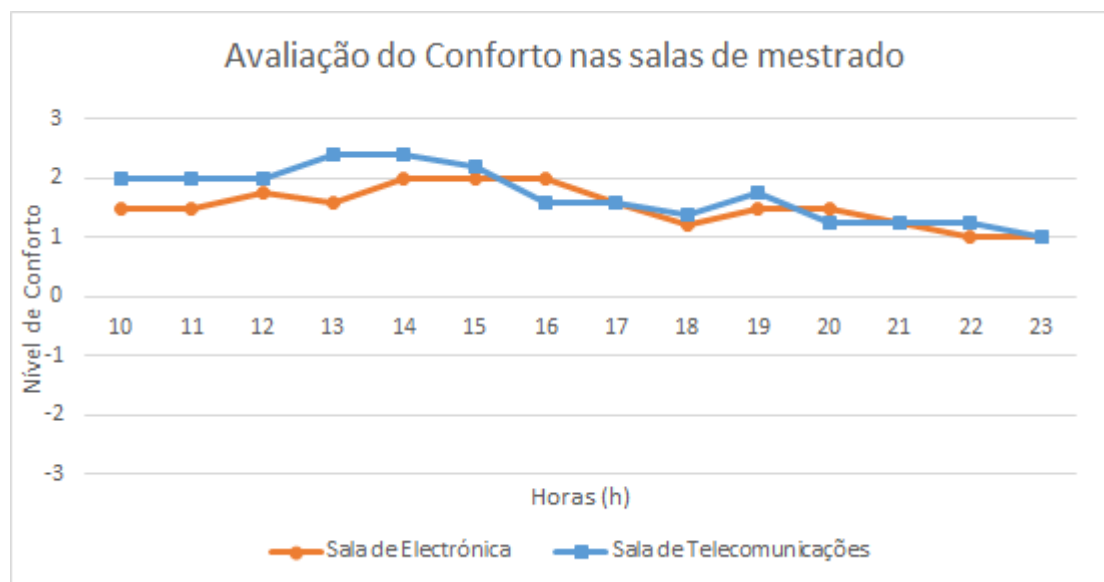


Figura 6.3: Avaliação dos níveis de conforto nas salas de mestrado.

O intervalo de valores representados por este gráfico estão dentro dos valores de **PMV**, e por conseguinte de acordo com a norma , anteriormente referida. Deste modo foi realizada uma análise dos níveis de insatisfação dos utilizadores destes espaços segundo o valor **PPD**, os resultados podem ser observados na figura 6.4.

Tanto na sala de mestrado de Eletrónica, como na sala de Mestrado de Telecomunicações a percentagem de utilizadores desconfortáveis situa-se acima dos 10 %. Como já referido segundo a norma , estes são valores acima dos indicados para espaços interiores.

Para se fazer a contextualização destes valores, de forma a entender se estes níveis de conforto estariam de acordo com aquilo que poderia ser a temperatura presente, fez-se uma comparação com os valores média horária referentes à temperatura e humidade. Estes valores foram fornecidos pelo **Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)**, e são relativos à estação meteorológica: Lisboa / Gago Coutinho. Não tendo sido recolhidas amostras do valor da temperatura e humidade, nas salas onde se recolheu a informação dos alunos, considerou-se que estes valores seriam uma boa aproximação das condições atmosféricas na zona da Caparica, e respetivamente destas duas salas, figura 6.5. Tendo em conta que nenhuma das salas possui sistema de climatização e que a temperatura é semelhante à do exterior.

Os valores de **PPD** e **PMV** obtidos vão de encontro aos valores de temperatura e humidade no dia 22 de Junho de 2017. É possível identificar um intervalo em que a

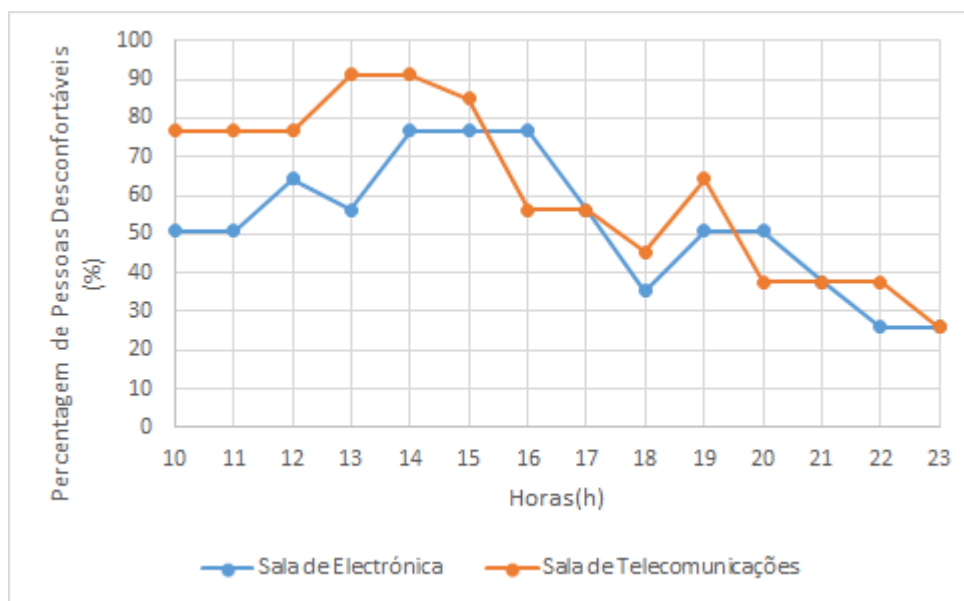


Figura 6.4: Percentagem de utilizadores desconfortáveis.

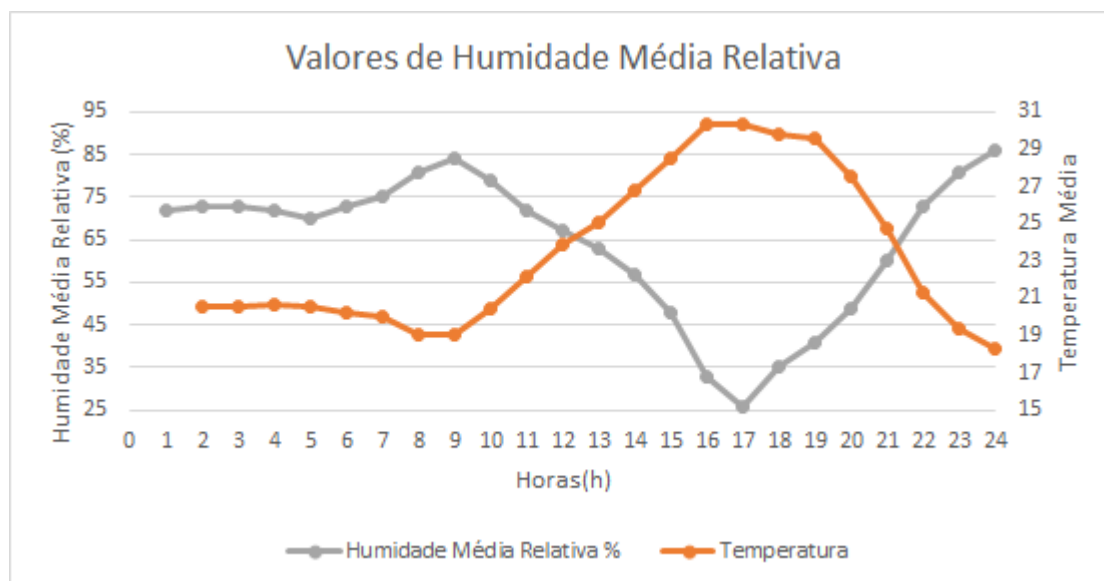


Figura 6.5: Valores de Temperatura e Humidade Média Relativa.

temperatura se manteve mais baixa e os níveis de humidade subiram o que levou a níveis de **PMV** mais baixos. Tal ocorreu depois das 20 horas. Em termos de percentagem de alunos descontentes esses valores ficaram-se pela casa dos 40 %. O pico da percentagem de utilizadores desconfortáveis e dos valores de **PMV**, ocorre na momento em que se também atinge o pico de temperatura e de menor humidade presente, situando-se no intervalo entre as 13 e as 17 horas. Fazendo uma análise geral é possível identificar que o aumento e diminuição de temperatura, levaram a variações concordantes dos valores de **PMV** e **PPD**.

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

7.1 Conclusões

Depois de concluídos todos os testes e analisados os dados provenientes dos mesmos, podemos concluir que a plataforma apresentada poderá ser uma mais-valia para a integração das preferências dos utilizadores no controlo de espaços comerciais.

Foram desenvolvidas ferramentas, se bem que numa fase muito experimental, que podem vir a ser um fator chave no aumento da interação dos clientes com os espaços comerciais, tanto os mais recentes como aqueles que já existem no panorama nacional.

A utilização de Beacons poderá vir a ser uma excelente ferramenta tanto para controlo do fluxo de utilizadores, como para aumentar os níveis de fidelização dos clientes, tal como apontam alguns dos resultados aqui apresentados e plataformas já existentes.

Tendo em conta os objetivos iniciais considera-se que os mesmos foram cumpridos. Apenas não foi possível efetuar uma recolha de dados de um universo de alunos maior dada a altura do ano em que foi feita a recolha dos mesmos.

7.2 Trabalho futuro

Todas as ferramentas desenvolvidas têm uma larga margem de progressão. Do ponto de vista da aplicação para dispositivos mobile esta deveria ser alargada a outras plataformas móveis nomeadamente iOS e Microsoft. A interface para alteração da iluminação ficaria mais valorizada se permitisse ao utilizador verificar qual era o resultado das alterações tanto do ponto de vista da iluminância como da temperatura de cor .

No futuro o maior desafio será a incorporação do portal com o sistema de gestão técnica do espaço comercial, com vista a fazer uma recolha das características de iluminação do espaço, dos valores de temperatura, humidade e concentração de CO₂ e incorporar o

feedback existente por parte dos clientes de forma a traduzir isso em ações do sistema de gestão técnica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] K. A. *Tubular luminescence lamps for general illumination*. Ed. por Philips. Eindhoven, Holland, 1941.
- [2] U. Ahmed, A. Gavrilov, S. Lee e Y. K. Lee. “Context-Aware Fuzzy ArtMap for Received Signal Strength Based Location Systems”. Em: *Neural Networks, 2007. IJCNN*. (2007), pp. 2740–2745. ISSN: 2161-4393.
- [3] D. Albright. *Philips Hue Alternatives That Are Actually Worth It*. 2015.
- [4] R. Alcalá, J. Casillas, O. Cordón, A. González e F. Herrera. “A genetic rule weighting and selection process for fuzzy control of heating, ventilating and air conditioning systems”. Em: *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 18.3 (2005), pp. 279–296.
- [5] S. Alletto, R. Cucchiara, G. D. Fiore, L. Mainetti, V. Mighali, L. Patrono e G. Serra. “An Indoor Location-Aware System for an IoT-Based Smart Museum”. Em: *IEEE Internet of Things Journal* 3.2 (2016), pp. 244–253. ISSN: 2327-4662.
- [6] P. Bahl e V. N. Padmanabhan. *RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system*. 2000.
- [7] H. H. Bauer, S. J. Barnes, T. Reichardt e M. M. Neumann. “Driving consumer acceptance of mobile marketing: a theoretical framework and empirical study”. Em: *Journal of Electronic Commerce Research* (2005). Available via Open Access journal - see web link.
- [8] *Beacons: The Technical Overview*. Mubaloo. 2014.
- [9] “BSR/ASHRAE Addendum d to ANSI/ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”. Em: 55. American Society of Heating, Refrigeration e Air-Conditioning Engineers, 2004.
- [10] F. Calvino, M. L. Gennusa, G. Rizzo e G. Scaccianoce. “The control of indoor thermal comfort conditions: introducing a fuzzy adaptive controller”. Em: *Energy and Buildings* 36.2 (2004), pp. 97–102.
- [11] K. Chawla, C. McFarland, G. Robins e C. Shope. “Real-time RFID localization using RSS”. Em: *Localization and GNSS (ICL-GNSS), 2013 International Conference on*. 2013, pp. 1–6.

- [12] D.Arrobe. “Modelo de Ocupação e Consumo Energético Habitacional”. Tese de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2013.
- [13] D. Daum, F. Haldi e N. Morel. “A personalized measure of thermal comfort for building controls”. Em: *Building and Environment* 46.1 (2011), pp. 3 –11. ISSN: 0360-1323.
- [14] R. G. Davis e D. N. Ginthner. “Correlated Color Temperature, Illuminance Level, and the Kruithof Curve”. Em: *Journal of the Illuminating Engineering Society* 19.1 (1990), pp. 27–38.
- [15] H. Doukas, K. D. Patlitzianas, K. Iatropoulos e J. Psarras. “Intelligent building energy management system using rule sets”. Em: *Building and Environment* 42.10 (2007), pp. 3562 –3569. ISSN: 0360-1323.
- [16] L. G. Electrical e E. M. A. (ZVEI). *Human Centric Lighting: Going Beyond Energy Efficiency*. 2013, July.
- [17] S. Elvira, A. de Castro e J. Garrido. “ALO: An ultrasound system for localization and orientation based on angles”. Em: *Microelectronics Journal* 44.10 (2013). Conference on Design of Circuits and Integrated System 2011, pp. 959 –967. ISSN: 0026-2692.
- [18] A. Ghahramani, F. Jazizadeh e B. Becerik-Gerber. “A knowledge based approach for selecting energy-aware and comfort-driven {HVAC} temperature set points”. Em: *Energy and Buildings* 85 (2014), pp. 536 –548. ISSN: 0378-7788.
- [19] C. Gomez-Otero, R. Martinez e J. Caffarel. “ClimApp: A novel approach of an intelligent HVAC control system”. Em: (Information Systems and Technologies (CISTI), 2012 7th Iberian Conference. 2012), pp. 1–6. ISSN: 2166-0727.
- [20] J. Hayzlett. *Mobile, Mobile, Mobile*. American Marketing Association. March, 2016. URL: <https://www.ama.org/publications/MarketingNews/Pages/Mobile-Mobile-Mobile.aspx>.
- [21] X. He e A. Pandharipande. “Location-Based Illumination Control Access in Wireless Lighting Systems”. Em: *IEEE Sensors Journal* 15.10 (2015), pp. 5954–5961. ISSN: 1530-437X.
- [22] A. Hernandez, R. Badorrey, J. Cholz, I. Alastruey e A. Valdovinos. “Accurate indoor wireless location with IR UWB systems a performance evaluation of joint receiver structures and TOA based mechanism”. Em: *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 54.2 (2008), pp. 381–389. ISSN: 0098-3063.
- [23] V. Hoof e J. “Forty years of Fangers model of thermal comfort: comfort for all?” Em: *Indoor Air* 18.3 (jun. de 2008), pp. 182–201. ISSN: 0905-6947.

-
- [24] C. C. Hsiao e P. Huang. "Two Practical Considerations of Beacon Deployment for Ultrasound-Based Indoor Localization Systems". Em: (IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing. 2008), pp. 306–311.
- [25] M. Humphreys e N. J. Fergus. "Self-assessed productivity and the office environment". Em: 113(Part 1) (2007). ISSN: 0001-2505.
- [26] "Veris Aerospond Wireless Sensors: Received Signal Strength Indicator (RSSI)". Em: (2013). Ed. por V. Industries, p. 1.
- [27] G. International Standard 7730-1994. *Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. Ed. por S. International Standard Organization Geneva. 1994.
- [28] J. Ishii, Y. Tamura e H. Asama. "Filter design by using map information on Wireless-LAN location awareness system". Em: (International Conference on Mechatronics and Automation. 2009), pp. 2967–2972. ISSN: 2152-7431.
- [29] F. Jazizadeh, F. M. Marin e B. Becerik-Gerber. "A thermal preference scale for personalized comfort profile identification via participatory sensing". Em: *Building and Environment* 68 (2013), pp. 140 –149. ISSN: 0360-1323.
- [30] D. Kang, Y. Namgoong, S. Yang, S. Choi e Y. Shin. *A simple asynchronous UWB position location algorithm based on single round-trip transmission*. 2006.
- [31] L. Klein, J. young Kwak, G. Kavulya, F. Jazizadeh, B. Becerik-Gerber, P. Varakantham e M. Tambe. "Coordinating occupant behavior for building energy and comfort management using multi-agent systems". Em: *Automation in Construction* 22 (2012). Planning Future Cities-Selected papers from the 2010 eCAADe Conference, pp. 525 –536. ISSN: 0926-5805.
- [32] P. Kontkanen, P. Myllymaki, T. Roos, H. Tirri, K. Valtonen e H. Wettig. "Topics in probabilistic location estimation in wireless networks". Em: *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2004. PIMRC 2004. 15th IEEE International Symposium on*. Vol. 2. 2004, 1052–1056 Vol.2. DOI: [10.1109/PIMRC.2004.1373859](https://doi.org/10.1109/PIMRC.2004.1373859).
- [33] A. Krioukov e D. Culler. "Personal Building Controls". Em: IPSN '12 (2012).
- [34] A. Krioukov, S. Dawson-Haggerty, L. Lee, O. Rehmane e D. Culler. "A Living Laboratory Study in Personalized Automated Lighting Controls". Em: BuildSys '11 (2011).
- [35] A. Kushki, K. N. Plataniotis e A. N. Venetsanopoulos. "Kernel-Based Positioning in Wireless Local Area Networks". Em: *IEEE Transactions on Mobile Computing* 6.6 (2007), pp. 689–705. ISSN: 1536-1233.
- [36] P. Kułakowski, J. Vales-Alonso, E. Egea-López, W. Ludwin e J. García-Haro. "Angle-of-arrival localization based on antenna arrays for wireless sensor networks". Em: *Computers Electrical Engineering* 36.6 (2010), pp. 1181 –1186. ISSN: 0045-7906.

- [37] J. Lee. "Conflict resolution in multi-agent based Intelligent Environments". Em: *Building and Environment* 45.3 (2010), pp. 574 –585. ISSN: 0360-1323.
- [38] W. Li, L. Li, Y. Li, S. Li e X. Chen. *A Visual Location-Based System For Wireless LAN Management*. 2009.
- [39] Y. Li e X. Liu. "Fuzzy Logic and Neural Network based Indoor Fingerprint positioning algorithms in wifi". Em: *International Journal of Computational Intelligence and Applications* 13.02 (2014), p. 1450007.
- [40] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee e J. Liu. "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems". Em: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)* 37.6 (2007), pp. 1067–1080.
- [41] C. Lloyd. *The Difference Between All of Philips' Hue Light Bulbs*. 2016. URL: <http://www.howtogeek.com/248178/the-difference-between-all-of-philips-hue-light-bulbs/>.
- [42] Y. Álvarez López, M. E. de Cos Gómez, J. L. Álvarez e F. L.-H. Andrés. "Evaluation of an RSS-based indoor location system". Em: *Sensors and Actuators A: Physical* 167.1 (2011), pp. 110 –116. ISSN: 0924-4247.
- [43] Marktest. *Sete milhões frequentam centros comerciais*. January, 2016. URL: <http://www.marktest.com/wap/a/n/id~1ca0.aspx>.
- [44] M. V. Moreno, M. A. Zamora, J. Santa e A. F. Skarmeta. "An Indoor Localization Mechanism Based on RFID and IR Data in Ambient Intelligent Environments". Em: (Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing. 2012), pp. 805–810.
- [45] M. V. Moreno-Cano, J. Santa, M. A. Zamora-Izquierdo e A. F. Skarmeta. "Future Human-Centric Smart Environments". Em: (Modeling and Processing for Next-Generation Big-Data Technologies: With Applications and Case Studies. 2015), pp. 341–365. DOI: [10.1007/978-3-319-09177-8_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09177-8_14).
- [46] M. Moreno-Cano, M. Zamora-Izquierdo, J. Santa e A. F. Skarmeta. "An indoor localization system based on artificial neural networks and particle filters applied to intelligent buildings". Em: *Neurocomputing* 122 (2013), pp. 116 –125. ISSN: 0925-2312.
- [47] P. V. Nikitin, S. Ramamurthy, R. Martinez e K. V. S. Rao. "Passive tag-to-tag communication". Em: *IEEE International Conference on RFID (RFID)*. IEEE International Conference on RFID. 2012, pp. 177–184.
- [48] R. Nouvel e F. Alessi. "A novel personalized thermal comfort control, responding to user sensation feedbacks". Em: *Building Simulation* 5.3 (2012), pp. 191–202. ISSN: 1996-8744.

- [49] A. S. Paul e E. A. Wan. “Wi-Fi based indoor localization and tracking using sigma-point Kalman filtering methods”. Em: (IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium. 2008), pp. 646–659. ISSN: 2153-358X.
- [50] Philips. *IFTTT*. 2016. URL: <http://www2.meethue.com/pt-br/aplicativos-e-mais/ifttt/>.
- [51] S. Porges. *The Best Product of 2012: The Philips Hue LED Lighting System*. 2012. URL: <http://www.forbes.com/sites/sethporges/2012/12/28/the-best-product-of-2012-the-philips-hue-led-lighting-system/#47d1b2e75dda>.
- [52] M. E. Rida, F. Liu, Y. Jadi, A. A. A. Algawhari e A. Askourih. “Indoor Location Position Based on Bluetooth Signal Strength”. Em: 2015, pp. 769–773.
- [53] E. Ronen e A. Shamir. “Extended Functionality Attacks on IoT Devices: The Case of Smart Lights”. Em: *2016 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroSP)*.
- [54] T. Roos, P. Myllymäki, H. Tirri, P. Misikangas e J. Sievänen. “A Probabilistic Approach to WLAN User Location Estimation”. Em: *International Journal of Wireless Information Networks* 9.3 (2002), pp. 155–164. ISSN: 1572-8129.
- [55] E. Shakshuki, M. Younas, C.-N. Huang e C.-T. Chan. “The 2nd International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT-2011) / The 8th International Conference on Mobile Web Information Systems (MobiWIS 2011) ZigBee-based indoor location system by k-nearest neighbor algorithm with weighted RSSI”. Em: *Procedia Computer Science* 5 (2011), pp. 58–65. ISSN: 1877-0509.
- [56] J. Shang, S. Yu e L. Zhu. “Location-Aware Systems for Short-Range Wireless Networks”. Em: (Computer Network and Multimedia Technology, 2009), pp. 1–5.
- [57] E. Shaw. “Thermal Comfort: analysis and applications in environmental engineering, by P. O. Fanger. 244 pp. DANISH TECHNICAL PRESS. Copenhagen, Denmark, 1970. Danish Kr. 76, 50”. Em: 92.3 (1972), p. 164. DOI: [10.1177/146642407209200337](https://doi.org/10.1177/146642407209200337).
- [58] C. Smith. *THE BEACONS REPORT: Retail adoption and uses, and impact on store sales*. Rel. téc. Business Insider, 2015.
- [59] J. Sun e C. Li. “Tunnel personnel positioning method based on {TOA} and modified location-fingerprint positioning”. Em: *International Journal of Mining Science and Technology* 26.3 (2016), pp. 429–436. ISSN: 2095-2686.
- [60] L. Taponecco, A. A. D’Amico e U. Mengali. “Joint TOA and AOA Estimation for UWB Localization Applications”. Em: *IEEE Transactions on Wireless Communications* 10.7 (2011), pp. 2207–2217. ISSN: 1536-1276.
- [61] H. Tian, S. Wang e H. Xie. “Localization using Cooperative AOA Approach”. Em: (International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. 2007), pp. 2416–2419. ISSN: 2161-9646.

- [62] P. h. Tseng, C. l. Chen e K. t. Feng. "An Unified Kalman Tracking Technique for Wireless Location Systems". Em: (An Unified Kalman Tracking Technique for Wireless Location Systems. 2007). DOI: [10.1109/ISWPC.2007.342628](https://doi.org/10.1109/ISWPC.2007.342628).
- [63] Ubicua. *Business tool*. <http://www.ubicuaxperience.es/en/business-tool/>. 2016.
- [64] S. Venkatesh e B. Sridhar. "Mobile Marketing: A Synthesis and Prognosis". Em: *Journal of Interactive Marketing* 23.2 (2009), 118–129. DOI: [10.1016/j.intmar.2009.02.002](https://doi.org/10.1016/j.intmar.2009.02.002).
- [65] C.-D. Wann e M.-H. Lin. "Data fusion methods for accuracy improvement in wireless location systems". Em: *Wireless Communications and Networking Conference, 2004. WCNC. 2004 IEEE* 1 (2004), 471–476 Vol.1. ISSN: 1525-3511.
- [66] J. Yan, T. Shamim, S. Chou, H. Li, S. I. ul Haq Gilani, M. H. Khan e W. Pao. "Clean, Efficient and Affordable Energy for a Sustainable Future: The 7th International Conference on Applied Energy (ICAE2015) Thermal Comfort Analysis of PMV Model Prediction in Air Conditioned and Naturally Ventilated Buildings". Em: *Energy Procedia* 75 (2015), pp. 1373 –1379. ISSN: 1876-6102.
- [67] C. Yang, Y. Huang e X. Zhu. "Hybrid TDOA/AOA method for indoor positioning systems". Em: (Hybrid TDOA/AOA method for indoor positioning systems. 2007), pp. 1–5.
- [68] R. Yang e L. Wang. "Multi-objective optimization for decision-making of energy and comfort management in building automation and control". Em: *Sustainable Cities and Society* 2.1 (2012), pp. 1 –7. ISSN: 2210-6707.
- [69] R. Yang e L. Wang. "Development of multi-agent system for building energy and comfort management based on occupant behaviors". Em: *Energy and Buildings* 56 (2013), pp. 1 –7. ISSN: 0378-7788.
- [70] R. Yang e L. Wang. "Development of multi-agent system for building energy and comfort management based on occupant behaviors". Em: *Energy and Buildings* 56 (2013), pp. 1 –7. ISSN: 0378-7788. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.10.025>.
- [71] Y. Zhao, H. Zhou, M. Li e R. Kong. "Implementation of Indoor Positioning System Based on Location Fingerprinting in Wireless Networks". Em: *2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*. Implementation of Indoor Positioning System Based on Location Fingerprinting in Wireless Networks. 2008, pp. 1–4. DOI: [10.1109/WiCom.2008.1253](https://doi.org/10.1109/WiCom.2008.1253).
- [72] J.-r. Zhou, H.-j. Zhang e H.-l. Zhou. "Localization of pallets in warehouses using passive RFID system". Em: *Journal of Central South University* 22.8 (2015), pp. 3017–3025. ISSN: 2227-5223. DOI: [10.1007/s11771-015-2838-6](https://doi.org/10.1007/s11771-015-2838-6). URL: <https://doi.org/10.1007/s11771-015-2838-6>.